

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 39 286.9

Anmeldetag: 09. August 2001

Anmelder/Inhaber: Professor Dr. Lev B. Levitin, Brookline,
Mass./US; Dipl.-Ing. Naum Kruk,
12307 Berlin/DE; Dr. Boris Schapiro,
12163 Berlin/DE.

Bezeichnung: Rotations-Kolben-Maschinen (RKM-1) mit einer
Abtriebswelle

IPC: F 01 C 1/22

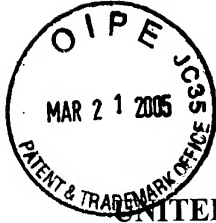
Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.



München, den 22. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

Fayat



File No. F0409

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: **Boris Schapiro, et al.**

U.S. Application Serial No.: **10/773,093**

Filed: **February 05, 2004**

Examiner: **Trieu, Thai Ba**

Art Unit: **3748**

For: **ROTARY PISTON MACHINE**

Hon. Commissioner for Patents
P.O. Box 1450,
Alexandria, VA. 22313-1450

**TRANSMITTAL OF THE CERTIFIED COPY
OF THE PRIORITY DOCUMENT**

Please find enclosed a Certified Copy of the German Patent Application 101 39 286.9 filed August 9, 2001 priority of which is claimed by the present application. Entering the Certified Copy into the application is respectfully requested.

Respectfully submitted,
SILBER & FRIDMAN

Lawrence B. Fridman,
Registration No. 31,615
Attorney for Applicant

1037 Route 46 East, Suite 207
Clifton, New Jersey 07013
Telephone (973) 779-2580
Fax (973) 779-4473



ROTATIONS-KOLBEN-MASCHINEN (RKM-1)

MIT EINER ABTRIEBSWELLE

5

Stand der Technik

Die Versuche, Rotationskolbenmaschinen mit dem ovalen Kolben zu konstruieren, haben
10 bereits eine lange Vorgeschichte. Die Referenzen seit 1918 siehe in [1] (Donald K.
Campbell, Rotary Power Unit, Patentschrift US 3,967,594 (Int. Cl.: F02B 055/14) vom
6.7.1976) und [2] (Richard A. Gale et al., Rotary Piston Mechanism, Patentschrift US
3,996,901 (Int. Cl.: F02B 53/00) vom 14.12.1976).

15 Zum besseren Verständnis des Weiteren erinnern wir den Leser daran, dass ein Oval
allgemein gesehen eine flache Figur aus *glatt konjugierten Kreisbögen* ist.

Mehrmals wurde der rotierende Kolben als ein Bi-Oval (einfaches Oval) in einer tri-ovalen
Kammer vorgeschlagen. Zwar haben die Vorgänger seine Rotation als eine Bewegung der
20 Figur gleicher Höhe oder als die zum Teil abrollende Bewegung eines Zwei-Zahn-Zahnrads
in der Drei-Zahn-Innenverzahnung erkannt. Das allgemeine Prinzip wurde bisher jedoch
nicht gesehen und die Kammern der höheren Symmetrie wurden nicht betrachtet.

Im Gegensatz zu den Vorgängern präsentieren wir eine Reihe von (theoretisch gesehen
25 unendlich) vielen Rotationskolbenmaschinen, deren Kolben mit der Axialsymmetrie 2.
Ordnung in einer multiovalen Kammer mit der Axialsymmetrie beliebiger ungerader Ordnung
größer oder gleich 3 als die Figur gleicher Höhe gleitend rotiert. Diese Rotation kann auch
als die Bewegung des Zahnrads mit zwei Zähnen (der Kolben) in einer Innenverzahnung mit
drei, fünf, sieben oder beliebig großer ungerader Anzahl von Zähnen (die Kammer) gesehen
30 werden. Die Form des Kolbens hängt dabei natürlich von der Symmetrieordnung der
Kammer ab (Fig. 1 bis 3).

Aber auch die Konfiguration der Rotationskolbenmaschine als bi-ovaler Kolben in der tri-
ovalen Kammer konnte bisher nicht verwirklicht werden. Eine der Ursachen dafür bei den
35 Vorgängern Donald K. Campbell [1] sowie Richard A. Gale und Donald L. Kahl [2] liegt darin,
dass sie komplizierte und stör anfällige Mechanismen für die Abnahme des Drehmoments
und der Leistung verwendeten. Darüber hinaus ließ sich die Kinematik des Kolbens in [1] in

den Anschlagpositionen, die den Istbahn-Singularitäten der jeweiligen Drehachse des Kolbens entsprechen, nicht vollständig abschließen, was zum Klemmen des Kolbens führte. Das liegt darin, dass die Vorgänger versuchten, die **singuläre Trajektorie** der alternierenden Drehachsen mit Hilfe des **regulären Abrollens** der Abtriebswelle zu verwirklichen.

5

Die Idee von Boris Schapiro [3] (Robert Gugenheimer u. a., Rotationskolbenmaschine, Patentschrift DE 199 20 289 C1 (Int. Cl.: F01C 1/22) vom 6.7.2000), die **singuläre** Trajektorie der alternierenden Drehachsen mittels des ebenso **singulären** Abrollens der Abtriebswelle zu verwirklichen (das heißt, eine Trajektorie mit dem echten Tangentensprung für die Achsenführung der Abtriebswelle zu verwenden), schien die **einfache Innenverzahnung** direkt in der ovalen Aussparung mitten im Kolben zu ermöglichen. Jedoch erwies sich auch diese Variante als nicht realisierbar, weil die in [3] aufgezählten Verzahnungsmerkmale zwar den damaligen Stand der Technik widerspiegeln, aber den Abschluss der Kinematik des Kolbens in den Anschlagpositionen keineswegs gewährleisten, so dass der Kolben in [3] auch klemmte. Die spezifische Ursache dafür ist, dass der Kolben in [3] eine **ovale – also rein konkave – Aussparung** hat. Demgegenüber haben Boris Schapiro und Naum Kruk [4] (Boris Schapiro u. a., Führung der Achse eines abrollenden Zahnrads um den Knickpunkt einer winkelförmigen Trajektorie, Patentanmeldung DE XXX XX XXX (Die Nummer wird nachgereicht)) gezeigt, dass eine Innenverzahnung bei der Istbahn des abrollenden Zahnrads mit einem echten Tangentensprung **dann effektiv funktionieren kann, wenn die Verzahnung des Hohlrads die aufeinander folgenden Elemente mit konkaven und unbedingt nichtkonkaven Teilkurven kombiniert**.

Mit der Erfindung [4] wurde das Problem, die Achsentrajektorie mit einem echten Tangentensprung exakt zu verwirklichen, im Allgemeinen gelöst. Damit ist es jetzt möglich geworden, die Kinematik des Kolbens in den Anschlagpositionen, die den Singularitäten der Istbahn der Abtriebswelle im Bezugssystem des Rotationskolbens entsprechen, abzuschließen und die Kraftübertragung in jedem Moment und in jeder Position des Kolbens in der Kammer zu gewährleisten.

30

Aber auch das reichte noch nicht aus, um die Rotationskolbenmaschine als einen bi-ovaler Kolben in einer tri-ovalen Kammer insbesondere als Verbrennungs-, Druckluft- oder Hydraulikmotor zu verwirklichen. Die Verzahnung [4] sowie der Kulissenmechanismus [2] gewährleisten nur einen rein kinematischen, nicht aber den dynamischen Abschluss der Kraftübertragung zwischen dem Kolben und der Abtriebswelle. Der Druck, der durch Verdichtung des Arbeitsmediums, Zünden des Kraftstoffs oder Zufuhr der Druckluft entsteht, presste den Kolben senkrecht zu seiner Hauptachse in die keilförmige Öffnung der Kammer, weil die momentane Drehachse in diesem Augenblick durch die Randbedingungen noch nicht

eindeutig genug definiert blieb. Somit war die Erfindung [4] eine notwendige, aber immer noch nicht hinreichende Voraussetzung für die Verwirklichung eines Motors mit der Konfiguration des bi-ovalen Kolbens in der tri-ovalen Kammer nach [1] bis [3].

- 5 Erst als wir das letzte wichtige Detail eingeführt haben – die kurzzeitige Fixierung der alternierenden momentanen Drehachse des Kolbens mit Hilfe von Springachsen und Springachsenaufnahmen beim Erreichen des Kolbens der Anschlagposition –, wurde sowohl die Kinematik als auch die Dynamik sauber abgeschlossen. Dadurch ist das dynamische Verhalten mit sicherer Übertragung des Drehmoments sowohl vom Kolben auf
- 10 die Abtriebswelle als auch von der Abtriebswelle auf den Kolben einwandfrei gewährleistet. Die *kurzzeitige Fixierung* (16.* und 17.*) der *alternierenden momentanen Drehachse* und die Verwendung der *Kombination von konkaven* (10.*) und *nichtkonkaven* (11.*) *Zahnsegmenten* im Hohlrad sind die entscheidenden Merkmale, durch die sich diese Erfindung RKM-1 auch für die Konfiguration des bi-ovalen Kolbens in der tri-ovalen Kammer
- 15 von allen Vorgängern unterscheidet und welche diese seit langem erstrebte Konfiguration zum ersten Mal auf vielfältige Weise verwirklicht macht.

Darüber hinaus haben wir die gelungene Lösung analysiert und verallgemeinert. Wodurch die im folgenden beschriebene Konstruktionsreihe *RKM-1 mit den multiovalen Kammern ungerader Ordnung* entstand. Verschiedene Versionen – mit den Figuren gleicher Höhe

20 jeweils verschiedener Ordnung – haben die jeweils eigenen Anwendungsvorteile. Zum Beispiel erlauben es die RKM-1-Maschinen der höheren Symmetrieordnung, Antriebe mit extrem niedrigen Drehzahlen bei ebenso extrem hohen Drehmomenten und besonders hoher Positioniergenauigkeit der Abtriebswelle zu realisieren.

25

Literatur

- [1] Donald K. Campbell, Rotary Power Unit, Patentschrift US 3,967,594 (Int. Cl.: F02B 055/14) vom 6.7.1976.
- 30 [2] Richard A. Gale et al., Rotary Piston Mechanism, Patentschrift US 3,996,901 (Int. Cl.: F02B 53/00) vom 14.12.1976.
- [3] Robert Gugenheimer u. a., Rotationskolbenmaschine, Patentschrift DE 199 20 289 C1 (Int. Cl.: F01C 1/22) vom 6.7.2000.
- 35

[4] Boris Schapiro u. a., Führung der Achse eines abrollenden Zahnrads um den Knickpunkt einer winkelförmigen Trajektorie, Patentanmeldung DE XXX XX XXX vom 9.8.2001 (Die Nummer wird nachgereicht).

5 Auf die Literaturstellen [5 und 6] wird im weiter unten stehenden Kommentar Bezug genommen.

[5] I. I. Artobolevskij, Mechanismen in der modernen Technik, Band III, Verlag Nauka, Moskau 1973, Russ. Klassifikation ПЗ-Т-33, ПЗ-Т-36 und ПЗ-Т-37.

10

[6] I. I. Artobolevskij, Mechanismen in der modernen Technik, Band III, Verlag Nauka, Moskau 1973, Russ. Klassifikation 3K-ЦУ-517, 3P-O-222, 3P-У-118 und 3Ц-Т-293.

ROTATIONS-KOLBEN-MASCHINEN (RKM-1)

MIT EINER ABTRIEBSWELLE

5

Beschreibung und Ausführungsbeispiele als 4-Takt-Motor

10 **Die Erfindung** betrifft eine Reihe von Rotationskolbenmaschinen nach dem Oberbegriff von Ansprüchen 1 und 2 sowie nach weiteren Ansprüchen.

15 **Die Aufgabe**, die der Erfindung zu Grunde liegt, ist: eine Rotationskolbenmaschine, insbesondere eine Rotationskolben-Brennkraftmaschine zu schaffen, die einfach im Aufbau ist, sicher, zuverlässig und langlebig funktioniert, skalierbar in der Ausführung von den Mikroversionen bis zu den großen Powereinheiten ist, einen ähnlich guten Wirkungsgrad wie bei den stärksten Konkurrenten aufweist sowie eine wesentlich höhere Leistungsdichte – kleinere Abmessungen und Gewicht bei sonst gleicher Leistung – als die herkömmlichen Konkurrenten (klassische Hubkolbenmaschinen, Wankelmotoren und Brennstoffelemente) hat und dazu für alle möglichen Arbeitsmedien – gasförmige, flüssige und pulverisierte – ausgelegt werden kann.

20 **Der Lösungsansatz** orientiert sich auf die Geometrien von Figuren gleicher Höhe, Kompaktifizierung durch die Leistungsabnahme inmitten des Blocks, in dem die Leistung erzeugt wird, sowie die Benutzung von singulären Trajektorien.

Die hier vorgeschlagene Erfindung bietet eine ganze Reihe von Geometrien der Rotationskolbenmaschine, bei welchen die Möglichkeit, beliebig hohe Verbrennungstemperatur und uneingeschränkt kleines Minimalvolumen und damit einen guten Wirkungsgrad zu erzeugen, nur durch die Materialeigenschaften der Bauteile begrenzt ist. Da die RKM-1-Maschinen den klassischen Hubkolbenmaschinen *topologisch äquivalent* sind, sind auch alle Feinheiten und Errungenschaften des konventionellen Motorenbaus bezüglich der Einspritz- und Verbrennungstechnik auf die RKM-Maschinen übertragbar.

35 Fünf wesentliche Merkmale und eine Reihe weiterer Details unterscheiden diese Erfindung von den Vorgängern:

- eine *multiovale Kammer mit der Axialsymmetrie beliebiger ungerader Ordnung* größer oder gleich 3, in welcher der Kolben mit einer der Kammer angepassten Form mit der Axialsymmetrie 2. Ordnung gleitend rotiert
- eine *Innenverzahnung in der Öffnung des Rotationskolbens mit den aufeinander*
5 *folgenden konkaven und nichtkonkaven Teilkurven*, welche die Übertragung des Kraftmoments in den singulären Punkten der Istbahn sichert und die Kinematik der Kolbenbewegung klemmfrei abschließt
- *Springachsen und Springachsenaufnahmen*, welche die Kolbendynamik auch unter großer Druckbelastung des expandierenden Arbeitsmediums eindeutig machen und
10 das Klemmen des Kolbens beim Verlassen der Anschlagpositionen verhindern
- das der wechselnder Krümmung der abzugleitenden Oberfläche in alternierender Weise und/oder als Kombination der Abschnitte (ohne Zeichnung) mit jeweils kleinerem – größerem – kleinerem Krümmungsradius angepasste Profil der
15 Dichtungselemente, was stets nicht nur einen Linien-, sondern den Oberflächenkontakt der Dichtung mit den Seitenwänden der Kammer des Gehäusemantels und eine höhere Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern ermöglicht
- der durch die Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern selbsttätig regulierende Andruck der Dichtungselemente auf die Innenwände der Kammer des Gehäuses,
20 was eine noch höhere Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern und damit einen noch besseren Wirkungsgrad ermöglicht.

Nach der Erfindung hat der Rotationskolben eine Längsbohrung mit der Symmetrie 2. Ordnung, deren längere Querachse in Richtung der kurzen Querachse der
25 Querschnittkontur des Rotationskolbens verläuft. Die Längsbohrung weist ein Hohlrad auf, das mit mindestens einem Ritzel kämmt, das drehfest mit der Abtriebswelle verbunden ist. Das Hohlrad darf nicht oval (wie in [3]) sein, sondern muss aus Segmenten mit aufeinander folgenden konkaven und nichtkonkaven Teilkurven bestehen. Die Achse der Abtriebswelle verläuft gerade und durch das Zentrum der multiovalen Kammer der Rotationskolbenma-
30 schine.

Der Rotationskolben wird a) durch das Gleiten an den Umfangsbögen der Kammer an seinem äußeren Umfang, b) mit Hilfe der die jeweilige Drehachse fixierenden Springachsen und Springachsenaufnahmen, c) durch das Hohlrad mit aufeinander folgenden konkaven
35 und nichtkonkaven Zahnsegmenten und d) durch das Ritzel über die Abtriebswelle geführt. Alle die aufgezählten Elemente a) bis d) stellen zusammen die verteilten Randbedingungen dar, welche die Kolbendynamik in jedem Punkt seiner komplexen Trajektorie sicher und eindeutig definieren. Dadurch ergibt sich ein einfacher und zuverlässiger Aufbau, bei dem

die Gleitflächen der bewegten Teile und damit die Reibung auf ein Minimum mit den gleitenden Dichtungselementen reduziert wird.

Eine derartige Rotationskolbenmaschine eignet sich besonders als Rotationskolben-
5 Brennkraftmaschine, bei der in dem Gehäusemantel in Umfangsrichtung neben einer
Einlassöffnung eines Einlasskanals und einer Auslassöffnung eines Auslasskanals eine zu
der Kammer hin offene Brennraummulde vorgesehen ist. Der Einlasskanal sowie der
Auslasskanal werden durch separate Steuermittel angesteuert. Da das Verdichtungsver-
hältnis der Rotationskolbenmaschinen der Reihe RKM-1 theoretisch unbegrenzt ist, kann die
10 Brennraummulde durch vielfältige Formvariationen insbesondere in die Längsrichtung so
gestaltet werden, dass ein guter Verbrennungswirkungsgrad erzielt wird.

Die Auslegung der Verzahnung entspricht dem Stand der Technik und braucht nicht weiter
präzisiert zu werden.

15

In der Beschreibung und in den Ansprüchen sind zahlreiche Merkmale im Zusammenhang
dargestellt und beschrieben. Der Fachmann wird die kombinierten Merkmale zweckmäßiger-
weise im Sinne der zu lösenden Aufgaben auch einzeln betrachten und zu sinnvollen
weiteren Kombinationen zusammenfassen bzw. auch einzeln anwenden.

20

In den Zeichnungen sind schematische Darstellungen der Erfindung in
Ausführungsbeispielen zusammengefasst. Die Beschreibung der Arbeitsphasen entspricht
der Anwendung als 4-Takt-Verbrennungsmotor. Die Kinematik in den Anwendungen als
25 Luftdruck-, Hydraulikmotor oder Pumpe wird zwar dieselbe sein, der Arbeitszyklus wird
jedoch halbiert. Das heißt, wenn jeder zweite Takt bei der 4-Taktversion von der RKM-
Verbrennungskraftmaschine durchschnittlich einen Arbeitsgang beinhaltet, so beinhaltet
jeder Gang der RKM-Maschine als Zweitaktverbrennungsmotor, Luftdruck-, Hydraulikmotor
oder Pumpe einen Arbeitsgang.

30

Es zeigen:

35

Fig. 1 *Bi-ovaler Kolben 1.1 rotiert in der tri-ovalen Kammer des Gehäuses 2.1
um die momentane Drehachse 14¹.1 entgegen dem Uhrzeigersinn. Das
Ritzel 3.1 kämmt den Zahnbogen 10.1 (B2 auf Fig. 6)*

Fig. 2 *Quattro-ovaler Kolben 1.2 rotiert in der pent-ovalen Kammer des Ge-
häuses 2.2 um die momentane Drehachse 14¹.2 entgegen dem*

Uhrzeigersinn. Das Ritzel 3.2 kämmt den Zahnbogen 10.2 (B2 auf Fig. 10)

Fig. 3 *Sext-ovaler Kolben 1.3 rotiert in der sept-ovalen Kammer des Gehäuses 2.3 um die momentane Drehachse $14^1.3$ entgegen dem Uhrzeigersinn. Das Ritzel 3.3 kämmt den Zahnbogen 10.3 (B2 auf Fig. 14)*

Fig. 4 *Singuläre Trajektorien BD_3 und TR . Das Bogendreieck BD_3 mit den Eckpunkten $14^1.1$, $14^2.1$ und $14^3.1$ stellt die winkelförmige (singuläre) unstetige Trajektorie der möglichen momentanen Drehachsen $O1$ und $O2$ des Kolbens relativ zum Gehäuse 2.1 von der Fig. 1 dar. Das Bogenzweieck TR mit den Eckpunkten $O3$ und $O3'$ stellt die winkelförmige (singuläre) stetige Trajektorie der Achse A der Abtriebswelle relativ zum Kolben 1.1 dar. Gerade wenn die Achse A die Singularität $O3$ erreicht, springt die momentane Drehachse des Kolbens 1.1 vom Zentrum $O1$ zum Zentrum $O2$ (siehe auch Fig. 5).*

Fig. 5 *Kinematik des Kraftübertragungssystems wird mit der medialen Zahnstange ZS (auf der Fig. 1 die Position 11.1) in der Aussparung $K3$ abgeschlossen. Gerade wenn die Achse A des Zahnrads ZR die Singularität $O3$ (Knickpunkt der Trajektorie TR) erreicht, springt die momentane Drehachse des Kolbens von der Position 12.1 (Zentrum $O1$) zur Position 9.1 (Zentrum $O2$).*

Fig. 6 *Kinematik des Kraftübertragungssystems wird mit dem medialen Zahnbogen ZB in den Aussparungen $K3$ abgeschlossen. Das Zahnrad ZR hat relativ zum Kolben die Anschlagposition (entspricht der Position der Achse A im Knickpunkt $O3$, siehe auch die Position des Kolbens auf der Fig. 4) vor kurzem verlassen.*

Fig. 7 *Bewegungsphasen des bi-ovalen Kolbens in der tri-ovalen Kammer. Abbildungen 1 bis 4 (Fig. 7a), 5 bis 8 (Fig. 7b) und 9 bis 12 (Fig. 7c) zeigen abwechselnde Zustände des Kolbens 1.1 (Rotationen um die momentanen Drehachsen und Drehachsensprünge). Positionen 1 bis 12 entsprechen einer vollen Umdrehung des Kolbens, bestehend aus den 6 Rotationsschritten zu je 60° und 6 Achsensprüngen. Ein 4-Takt-Arbeitszyklus auf der einen Seite des Kolbens wird verwirklicht in $2/3$ der vollen Umdrehung, d. h. 240° , zum Beispiel von Abb. 1 bis Abb. 8. Da der*

Kolben zwei Arbeitsseiten hat, passiert ein Arbeitstakt jeweils $1/3$ der Vollumdrehung. Rotationen sind in der linken Spalte und die Achsensprünge in der rechten Spalte dargestellt. Zu beachten ist, dass die Trajektorie BD_3 aus nicht zusammenhängenden Abschnitten besteht, so dass z. B. nach der Bogenstrecke BD_3^2 der Achsensprung AS_3^1 folgt und dann die Bogenstrecke BD_3^1 (und nicht BD_3^3) usw.

Fig. 8 *Singuläre Trajektorien BD_5 und TR .* Das Bogenfünfeck BD_5 mit den Eckpunkten $14^1.2$, $14^2.2$, $14^3.2$, $14^4.2$ und $14^5.2$ stellt die winkelförmige (singuläre) unstetige Trajektorie der möglichen momentanen Drehachsen $O1$ und $O2$ des Kolbens relativ zum Gehäuse 2.2 dar. Das Bogenzweieck TR mit den Eckpunkten $O3$ und $O3'$ stellt die winkelförmige (singuläre) stetige Trajektorie der Achse A der Abtriebswelle relativ zum Kolben 1.2 dar. Gerade wenn die Achse A die Singularität $O3$ erreicht, springt die momentane Drehachse des Kolbens 1.2 vom Zentrum $O1$ zum Zentrum $O2$ (siehe auch Fig. 9)

Fig. 9 *Kinematik des Kraftübertragungssystems* wird mit der medialen Zahnstange ZS (auf der Fig. 2 die Position 11.2) in der Aussparung $K3$ abgeschlossen. Gerade wenn die Achse A des Zahnrads ZR die Singularität $O3$ (Knickpunkt der Trajektorie TR) erreicht, springt die momentane Drehachse des Kolbens von der Position 12.2 (Zentrum $O1$) zur Position 9.2 (Zentrum $O2$)

Fig. 10 *Kinematik des Kraftübertragungssystems* wird mit dem medialen Zahnbogen ZB in den Aussparungen $K3$ abgeschlossen. Das Zahnrad ZR hat relativ zum Kolben die Anschlagposition (entspricht der Position der Achse A im Knickpunkt $O3$, siehe auch die Position des Kolbens auf der Fig. 8) vor kurzem verlassen

Fig. 11 *Bewegungsphasen des quattro-ovalen Kolbens 1.2 in der pent-ovalen Kammer.* Abbildungen 1 bis 4 (Fig. 11a), 5 bis 8 (Fig. 11b), 9 bis 12 (Fig. 11c), 13 bis 16 (Fig. 11d) und 17 bis 20 (Fig. 11e) zeigen abwechselnde Zustände des Kolbens 1.2 (Rotationen um die momentanen Drehachsen und Drehachsensprünge). Positionen 1 bis 20 entsprechen einer vollen Umdrehung des Kolbens, bestehend aus den 10 Rotationsschritten zu je 36° und 10 Achsensprüngen. Ein 4-Takt-Arbeitszyklus auf der einen Seite des Kolbens wird verwirklicht in $2/5$ der

vollen Umdrehung, d. h. 144° , zum Beispiel von Abb. 1 bis Abb. 8. Da der Kolben zwei Arbeitsseiten hat, passiert ein Arbeitstakt jeweils $1/5$ der Vollumdrehung. Rotationen sind in der linken Spalte und die Achsensprünge in der rechten Spalte dargestellt. Zu beachten ist, dass die Trajektorie BD_5 aus nicht zusammenhängenden Abschnitten besteht, so dass z. B. nach der Bogenstrecke BD_5^3 der Achsensprung AS_5^1 folgt und dann die Bogenstrecke BD_5^1 (und nicht BD_5^4) usw.

Fig. 12 *Singuläre Trajektorien BD_7 und TR* . Das Bogensiebeneck BD_7 mit den Eckpunkten $14^1.3$ bis $14^7.3$ stellt die winkelförmige (singuläre) unstetige Trajektorie der möglichen momentanen Drehachsen $O1$ und $O2$ des Kolbens relativ zum Gehäuse 2.3 dar. Das Bogenzweieck TR mit den Eckpunkten $O3$ und $O3'$ stellt die winkelförmige (singuläre) stetige Trajektorie der Achse A der Abtriebswelle relativ zum Kolben 1.3 dar. Gerade wenn die Achse A die Singularität $O3$ erreicht, springt die momentane Drehachse des Kolbens 1.3 vom Zentrum $O1$ zum Zentrum $O2$ (siehe auch Fig. 13)

Fig. 13 *Kinematik des Kraftübertragungssystems* wird mit der medialen Zahnstange ZS (auf der Fig. 3 die Position 11.3) in der Aussparung $K3$ abgeschlossen. Gerade wenn die Achse A des Zahnrads ZR die Singularität $O3$ (Knickpunkt der Trajektorie TR) erreicht, springt die momentane Drehachse des Kolbens von der Position 12.3 (Zentrum $O1$) zur Position 9.3 (Zentrum $O2$)

Fig. 14 *Kinematik des Kraftübertragungssystems* wird mit dem medialen Zahnbogen ZB in den Aussparungen $K3$ abgeschlossen. Das Zahnrad ZR hat relativ zum Kolben die Anschlagposition (entspricht der Position der Achse A im Knickpunkt $O3$, siehe auch die Position des Kolbens auf der Fig. 12) vor kurzem verlassen

Fig. 15 *Bewegungsphasen des sext-ovalen Kolbens 1.3 in der sept-ovalen Kammer*. Abbildungen 1 bis 28 auf den Fig. 15a bis 15g zeigen abwechselnde Zustände des Kolbens 1.3 (Rotationen um die momentanen Drehachsen und Drehachsensprünge). Positionen 1 bis 28 entsprechen einer vollen Umdrehung des Kolbens, bestehend aus den 14 Rotationsschritten zu je $\approx 25,71428^\circ$ ($360^\circ/14$) und 14 Achsensprüngen. Ein 4-Takt-Arbeitszyklus auf der einen Seite des Kolbens wird

verwirklicht in $2/7$ der vollen Umdrehung, d. h. $\approx 102,85713^\circ$, zum Beispiel von Abb. 1 bis Abb. 8. Da der Kolben zwei Arbeitsseiten hat, passiert ein Arbeitstakt jeweils $1/7$ der Vollumdrehung. Rotationen sind in der linken Spalte und die Achsensprünge in der rechten Spalte dargestellt. Zu beachten ist, dass die Trajektorie BD_7 aus nicht zusammenhängenden Abschnitten besteht, so dass z. B. nach der Bogenstrecke BD_7^4 der Achsensprung AS_7^1 folgt und dann die Bogenstrecke BD_7^1 (und nicht BD_7^5) usw.

5

10

Fig. 16 Hub einer konventionellen Hubkolbenmaschine als eine Drehung um eine unendlich weit entfernte Achse. Dem Gang zurück entspricht dann die Drehung in die gleiche Richtung, aber um die ebenso unendlich weit entfernte spiegelsymmetrische Achse.

15

Fig. 17 Anordnung von zwei mit einander verbundenen Hubkolben (Doppelkolben) in der dem Kolbenquerschnitt angepassten Kammer stellt topologisch gesehen einen Spezialfall der Rotationskolbenmaschine RKM-1 bei der Symmetrieordnung der Rotationskammer $n = \infty$ dar. Die lineare Bewegung des Kolbens ist eine Bewegung auf der kreisförmigen Bahn mit dem unendlich großen Radius. Jeder Hubkolben des Doppelkolbens 1.17 entspricht einer Seite des Rotationskolbens 1.*.

20

25

Fig. 18 Schiebervorrichtung für die Steuerung des Andrucks der Dichtungselemente an die Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.* mit Hilfe der Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern 8.* und 13.*.

30

Fig. 19 Ein Beispiel für die Kombination der Dichtungselemente 5.* mit unterschiedlichem Kontaktprofil: c – des Radius r_1 , angepasst an die größere Krümmung der Kontur der Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.*, und d – des Radius r_2 , angepasst an die kleinere Krümmung der Kontur der Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.*.

35

Fig. 20 Einfache schematische Darstellung mit Schiebervorrichtung im bi-ovalen Kolben 1.1 für die Steuerung des Andrucks der Dichtungselemente an die Innenoberfläche der tri-ovalen Kammer des Gehäusemantels 2.1 (siehe Fig. 1).

Das Gehäuse einer Rotationskolbenmaschine aus der Reihe RKM-1 besteht im Wesentlichen aus einem Gehäusemantel 2.* und zwei stirnseitigen Gehäusedeckeln (nicht gezeichnet). Der Gehäusemantel bildet eine multiovale Kammer, deren Querschnitt im Wesentlichen durch gleiche Umfangsbögen bestimmt wird, deren Anzahl der

5 Symmetrieordnung (n) der Kammer entspricht und die im Absatz „Die Arbeitskammer 2.“ weiter unten beschrieben werden.

In der Kammer dreht sich ein Rotationskolben 1.*. Er besitzt eine multiovale Querschnittkontur, die zu den Umfangsbögen passt. Die Geometrie des Kolbens ist im

10 Absatz „Der Kolben 1.“ weiter unten beschrieben. Der Kolben besitzt eine Längsbohrung 18.*, deren längste Querschnittachse in Richtung der kurzen Querschnittachse des Rotationskolbens 1.* liegt. In die Längsbohrung 18.* ist ein Hohlrad mit den aufeinander folgenden konkaven (10.*) und nichtkonkaven (11.*) Zahnsegmenten eingearbeitet oder eingesetzt, das mit den Ritzeln 3.* kämmt. Die Ritzel unterstützen zum einen die Führung

15 des Rotationskolbens 1.* und übertragen zum anderen das Drehmoment der Rotationskolbenmaschinen RKM-1 auf eine mit dem Ritzel ZR fest verbundene Abtriebswelle, deren Rotationsachse A durch das Zentrum der Kammer 2.* verläuft. Die Abtriebswelle ist drehbar über ihre Lager in den Gehäusedeckeln gelagert (ohne Zeichnung). Die Konstruktion der Lager und Gewährleistung der Abnahme des Drehmoments von der Abtriebswelle

20 entsprechen dem Stand der Technik.

Über die verlängerte Abtriebswelle können zwei oder mehrere Rotationskolben 1.* und entsprechende Gehäuseeinheiten miteinander winkelfersetzt so gekoppelt werden, dass die Rotationskolbenmaschinen der RKM-1 Reihe bei jeder Drehung des Kolbens um jeweils

25 $360^\circ/2n$ mit n – Symmetrieordnung der Kammer 2.* einen Arbeitsgang haben. Dies würde zu außergewöhnlicher Laufruhe und gleichmäßiger Verteilung der Belastungen führen.

Im Gehäusemantel 2.* sind im Wesentlichen radial zu den Umfangsbögen angeordnete Einlasskanäle und Auslasskanäle vorgesehen, die zur Kammer 2.* hin Einlassöffnungen 6.*

30 und Auslassöffnungen 15.* haben. Im Falle einer Rotationskolben-Brennkammermaschine befindet sich im Gehäusemantel neben einer Einlassöffnung eines Einlasskanals und einer Auslassöffnung eines Auslasskanals eine zu der Kammer hin offene Brennraummulde 7.*. Jeder Brennraummulde 7.* ist mindestens eine Zündkerze und/oder Kraftstoffeinspritzvorrichtung zugeordnet.

35

In den Gehäusedeckeln (ohne Zeichnung) ist ein Kühlmiteleinlass vorgesehen, der das geeignete Kühlmittel über einen Sammelkanal in einem Gehäusedeckel in die Öffnung 18.* einführen und durch den anderen Gehäusedeckel ausführen kann. Für die kleineren bis

Mikrovarianten der Rotationskolbenmaschinen RKM-1 wird man auf die Kühlung des Kolbens in einigen Fällen verzichten können, da der Wärmeaustausch über die Außenoberfläche in Relation zur Wärmeproduktion im Volumen umgekehrt proportional zur Größe der Maschine steigt. Dies wird zu einer weiteren wesentlichen Vereinfachung der Konstruktion ohne Minderung des wirtschaftlichen Nutzens für die Miniaturauslegungen der Rotationskolbenmaschinen RKM-1 führen.

Der Rotationskolben 1.* unterteilt die Kammer 2.* in zwei Arbeitsräume 8.* und 13.*. Mit fortschreitender Rotation in Drehrichtung (siehe Pfeil auf Fig. 1, 2 und 3) vergrößert sich der Arbeitsraum 13.*, während sich der Arbeitsraum 8.* verkleinert. Bei einer Viertakt-Brennkraftmaschine findet während der Vergrößerung des Arbeitsraums 13.* ein Expansionshub bzw. ein Ansaughub statt. Demgegenüber wird während der Verkleinerung des Arbeitsraums 8.* die angesaugte Verbrennungsluft verdichtet oder das Abgas herausgeschoben. Der Gaswechsel der Arbeitsräume 8.* und 13.* wird zweckmäßigerweise durch separate Steuermittel 6.* und 15.* gesteuert, die in der Zeichnung nur symbolisch dargestellt sind. Derartige Steuermittel, z. B. Ventile oder Steuerschieber, können entsprechend den Erfordernissen in Abhängigkeit von Betriebs-, Umwelt- oder Fahrparametern durch elektronische Steuereinrichtungen geregelt werden. Ferner kann die Strömung in den Arbeitskammern insbesondere bei den Rotationskolbenmaschinen RKM-1 mit den Kammern der höheren Symmetrie ($n = 5, 7$ und höher, siehe Fig. 2 und 3) durch das Zusammenspiel von der Gestaltung der Einlassöffnungen und Auslassöffnungen sowie Öffnungs- und Schlusszeiten und Verschlussgrade mehrerer Steuereinrichtungen beeinflusst werden, so dass die Verbrennungsluft und die Abgase eine gewünschte Richtung einnehmen, um den Verbrennungsablauf günstig zu beeinflussen.

Um eine gute, spielfreie Kräfteübertragung zwischen dem Rotationskolben 1.* und der Abtriebswelle 3.* zu erreichen, ist es zweckmäßig, eine Abtriebswelle mit mindestens zwei Ritzeln vorzusehen, die in Umfangrichtung gegeneinander gefedert verspannt werden können. Ferner wirken sich die Mittel auf die Drehmomentübertragung und auf die Lebensdauer der Bauteile günstig aus, durch die das zu übertragende Drehmoment möglichst gleichmäßig auf die Ritzel 3.* verteilt wird. Solche Mittel sind im Einzelnen nicht dargestellt, da sie im Getriebebau hinreichend bekannt sind.

Die Springachsen 16.* und Springachsenaufnahmen 17.* werden unmittelbar in dem Augenblick betätigt, in welchem der Kolben 1.* eine seiner Anschlagpositionen erreicht. Wenn der Kolben sich um die Drehachse 14^m.* dreht, so schiebt das entsprechende Steuermittel (ohne Zeichnung) die Springachse 16.* an der Stelle der jeweils anderen möglichen Drehachse in die Springachsenaufnahme 17.* mit einer gebührend kurzen

Verschlusszeit hinein. Damit wird die neue Drehachse zwangsweise fixiert und der Achsensprung $AS_n^{m,*}$ von der Position $14^m,*$ in die neue Position vollzogen. Kurz danach, wenn der Kolben 1.* mit dem der jetzt aktuellen Drehachse am weitesten liegenden Scheitel den entsprechenden Umfangbogen der Kammer stabil abgleitet und das Ritzel 3.* den

5 konkaven Bogen 10.* in der Längsbohrung 18.* sicher abrollt, wird die Springachse 16.* aus der Springachsenaufnahme 17.* herausgezogen, noch bevor der Kolben die nächste Anschlagposition erreicht, weil die nach der Achsenentkoppelung übrig gebliebenen Randbedingungen (der äußere Umfang in der Kammer, das Hohlrund und das Ritzel) ausreichen, um den Kolben 1.* bis zur nächsten Anschlagposition eindeutig zu führen.

10 Jedoch muss die Springachse spätestens kurz vor dem Erreichen der nächsten Anschlagposition von der jeweiligen Springachsenaufnahme entkoppelt werden.

Die Springachsen 16.* und Springachsenaufnahmen 17.* sind notwendig, um das Klemmen des Kolbens bei der quasistatischen – sprich ausreichend langsamen – Bewegung sicher zu

15 verhindern. Für jede Konstruktionsart und Größe gibt es eine solche Drehgeschwindigkeit des Kolbens (Schwellenwinkelgeschwindigkeit), bei deren Erreichen oder Übersteigen die eigene Trägheit (der Schwung) des Kolbens ausreicht, damit der Kolben nicht klemmt. Bei ausreichend schnellem Drehen wird das Klemmen durch die Inertialkräfte überwunden. D. h. bei ausreichend hohen Drehgeschwindigkeiten müssen die Springachsen und

20 Springachsenaufnahmen nicht unbedingt betätigt werden.

Die Trajektorie BD ist die Basis der RKM-Geometrie. Die Kontur der Trajektorie BD ist die klassische Figur gleicher Höhe ungerader Ordnung, zum Beispiel BD_3 auf der Fig. 4, BD_5 auf der Fig. 8, BD_7 auf der Fig. 12, usw. Die Kontur stellt einen regulären Bogenpolygon, das

25 gleichschenklige Bogen-(n)-eck mit den Eckpunkten $14^1,*$, $14^2,*$, ... $14^n,*$ der Punktsymmetrie ungerader Ordnung (n), $n = 3, 5, 7, \dots$ usw. dar, so dass jeder Eckpunkt zugleich das Zentrum des gegenüberliegenden Kreisbogens ist. Nur die Kontur der Trajektorie ist stetig, die Trajektorie selbst ist aber unstetig. Die einzelnen Bögen der Trajektorie werden mit den alternierenden momentanen Drehachsen des Kolbens abhängig

30 von der Symmetrieordnung der Kammer in der jeweiligen Reihenfolge abgefahren, die Beispiele dafür sind auf den Figuren 7a-7c, 11a-11d und 15a-15g verdeutlicht.

Die Arbeitskammer 2.* stellt ein höheres Oval (Bogenpolygon mit glatt konjugierten Bögen) der gleichen Punktsymmetrie ungerader Ordnung (n), $n = 3, 5, 7, 9, \dots$ usw. wie die der

35 Trajektorie BD_n dar. Die gegenüberliegenden Bögen des Arbeitskammerovals haben unterschiedlich große Radien und ein gemeinsames Zentrum in den jeweiligen Eckpunkten $14^1,*$, $14^2,*$, ... $14^n,*$ der Trajektorie BD_n der momentanen Drehachsen des Kolbens 1.*. Die entsprechenden Kreisbögen der Trajektorie BD und der Arbeitskammerkontur sind

konzentrisch mit dem Zentrum im jeweiligen Eckpunkt der Trajektorie BD. Das Verhältnis zwischen dem großen und dem kleinen Radius der Kontur der Arbeitskammer 2.* ist im Prinzip ein freier Parameter, der an Hand der technischen Anforderungen der jeweiligen Anwendung gewählt werden kann. Der kleinere Radius kann nicht kleiner als ein kritischer
5 „Scheitelradius“ des Kolbens sein, bei welchem das Platzieren der Abtriebswelle inmitten des Kolbens noch möglich ist..

Der Kolben 1.* stellt ein Multioval mit der Symmetrie 2. Ordnung dar, seine Querschnittkontur erhält man aus der Kontur der Arbeitskammer auf folgende Weise. Man
10 nehme zwei der Eckpunkte der Trajektorie BD, welche voneinander den maximalen Abstand haben. Das können zum Beispiel die Eckpunkte $14^1.1$ und $14^2.1$ auf der Fig. 4 sein oder $14^1.2$ und $14^3.2$ auf der Fig. 8 oder $14^1.3$ und $14^4.3$ auf der Fig. 12, usw. Die Linie, die diese Eckpunkte verbindet, wird die Symmetrieachse und die Hauptachse b-b des Kolbens 1.* in seiner Anschlagposition sein. In der Anschlagposition des Kolbens teilt die Linie b-b die
15 Kontur der Arbeitskammer auf zwei ungleiche Teile. Jetzt spiegeln wir den kleineren Teil der Arbeitskammerkontur um die Linie b-b, dann bekommen wir die Kontur des Rotationskolbens 1.* in der jeweiligen Version der RKM-1-Maschine. Wenn der Kolben 1.* in der Arbeitskammer um einen der Eckpunkte der Trajektorie BD rotiert, dann gleitet der von diesem Eckpunkt am weitesten entfernt liegende Scheitel des Kolbens den diesem Eckpunkt
20 am weitest liegenden Kreisbogen der Arbeitskammerkontur exakt ab, während der diesem Eckpunkt nahe liegende Scheitel des Kolbens in dem mit ihm zusammenfallenden Kreisbogen der Arbeitskammerkontur bis zur nächsten Anschlagposition des Kolbens in der Kammer gleitend rotiert. In der Anschlagposition liegt der Kolben mit einer Seite in der Kontur der Kammer *per constructionem* exakt an. Während dessen läuft die *andere*
25 *mögliche Drehachse* des Kolbens den der aktuellen Drehachse gegenüber liegenden Kreisbogen der Trajektorie BD ab.

Die Öffnung 18.* im Kolben 1.* beinhaltet die Segmente des Hohlrads (konkav B1 und B2 sowie nichtkonkav ZB oder ZS). Die geometrischen Drehpunkte des Kolbens (9.* und 12.*)
30 sind gleichzeitig die Zentren der entsprechenden Bögen der singulären Trajektorie TR, der gegenüberliegenden Führungs-Zahnbögen 10.* sowie ihrer Teilkurven und der nahe liegenden Scheitelbögen des Kolbenovals. Das Ritzel 3.* in der Öffnung 18.* des Kolbens rollt die konkaven Segmente (B1 und B2) **regulär** ab, d. h., dass der Vektor der Geschwindigkeit des Kontaktpunkts des Ritzels 3.* mit dem Bogen 10.* im Bezugssystem des
35 Kolbens sich kontinuierlich dreht, während seine tangentielle und normale Komponente im Betrag stetig bleiben. Die nichtkonkaven Segmente (ZB oder ZS) des Hohlrads werden aber **singulär** abgerollt, d. h., dass der Vektor der Geschwindigkeit des Kontaktpunkts des Ritzels 3.* mit dem Bogen 11.* sich im Bezugssystem des Kolbens diskontinuierlich (sprunghaft)

ändert. Während seine tangentielle Komponente stetig bleibt, ändert sich die normale Komponente in sehr kurzer Zeit vom vollen Wert in einer Richtung über die Null zum vollen Wert in der entgegengesetzten Richtung.

- 5 In dem Augenblick, in welchem die normale Komponente der Geschwindigkeit des Kontaktpunkts des Ritzels 3.* mit dem Bogen 11.* im Bezugssystem des Kolbens null wird, erreicht die Achse A des Ritzels 3.* den singulären Punkt der Trajektorie TR, und das Ritzel 3.* im Bezugssystem des Kolbens 1.* bewegt sich für den „unendlich kurzen“ Augenblick parallel zu der Kolbenachse b-b. Im selben Augenblick erreicht der Kolben 1.* die
10 Anschlagposition, wo seine zum Umfangsbogen normale lineare Geschwindigkeitskomponente null sein wird. Dies ist hier die Analogie zum „toten Punkt“ der traditionellen Hubmaschinen mit dem Unterschied, dass die Rotationskomponente der Kolbenbewegung beim normalen Betrieb nicht null sein wird, so dass es hier keinen echten „toten Punkt“ gibt. In diesem Augenblick wird der Kolben über die nichtkonkaven Segmente von der
15 Abtriebswelle oder auch durch seine Trägheit bei der Rotation unterstützt bzw. überträgt er selbst den Drehmoment auf die Abtriebswelle.

Im unendlichsten Glied (Fig. 17) der RKM-1-Reihe, das den konventionellen Hubkolbenmaschinen entspricht, verschwindet die zur Achse b-b parallele Komponente der
20 Geschwindigkeit des Kolbens und es bleibt nur die Komponente entlang der Hauptachse O3'-O3 des Hohlrads 18.17. Dementsprechend wird die Bewegung des Kolbens 1.17 eindimensional, die man dann mit einer Konfiguration der zylindrischen Symmetrie verwirklicht. Mehr darüber siehe im Kommentar.

- 25 **Die Bewegung des Kolbens 1.*** in der Kammer 2.* mit den detaillierten Abläufen in der Version als 4-Takt-Motor ist auf den Figuren 7a bis 7c, 11a bis 11e und 15a bis 15g dargestellt. Jede der Figuren 7, 11 und 15 stellt die Bewegungsphasen des Kolbens während einer vollen Umdrehung des Kolbens 1.* um 360° dar. Möge der Leser beim Betrachten der Zeichnungen beachten, dass die jeweilige Seite des Kolbens mal die vordere
30 Seite, mal die hintere Seite ist, während der Arbeitsraum 8.* immer der vordere Arbeitsraum und der Arbeitsraum 13.* immer der hintere Arbeitsraum sind.

1. Takt – Drehhub. Die Darstellung fängt (Abb. 1 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15) in der Position des Kolbens 1.* an, in der sein Nordscheitel N sich oben auf dem Bild befindet, und
35 der Kolben sich um die Drehachse 9.* des Nordscheitels N in der Position 14¹.* dreht. Währenddessen durchläuft die in diesem Augenblick nicht aktive Drehachse 12.* des Südscheitels S den unteren Bogen der singulären und nicht stetigen Trajektorie BD (Bogen BD₃² auf der Fig. 7a, Abb. 1; Bogen BD₅³ auf der Fig. 11a, Abb. 1; Bogen BD₇⁴ auf der Fig.

23

15a, Abb. 1) und die früher aktivierte Fixierung der Drehachse 9.* wird im geeigneten Augenblick gelöst. In dieser Bewegungsphase sei im Arbeitsraum 13.* (immer hinterer Arbeitsraum) der Arbeitsgang, bei dem sich das verbrannte Medium ausbreitet, und im Arbeitsraum 8.* (immer vorderer Arbeitsraum) sei ein Verdichtungsgang.

5

1. Takt – Achsensprung. Jeder Takt besteht hier aus einem Drehhub (Drehgang) und einem Achsensprung. Wenn der Kolben 1.* die Anschlagposition (Abb. 2 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15) erreicht und damit die inaktive Drehachse 12.* das Ende des entsprechenden Bogens BD_3^2 auf der Fig. 7a, Abb. 2, des Bogens BD_5^3 auf der Fig. 11a, Abb. 2 und des Bogens BD_7^4 auf der Fig. 15a, Abb. 2 anläuft, dann springt eine Springachse aus dem Deckel des Gehäuses in die Springachsenaufnahme der Drehachse 12.* und die Drehachse 12.* wird erzwungener Weise aktiv. Somit vollzieht sich der Achsensprung. Das verdichtete Medium in der entsprechenden Zündkammer 7.* wird gezündet oder das Arbeitsmedium wird in die verdichtete Arbeitsluft der Brennraummulde 7.* eingespritzt.

15

2. Takt – Drehhub. Abb. 3 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15 zeigt die Position des Kolbens 1.*, in welcher der Kolben sich um die Drehachse 12.* des Südscheitels S dreht. Während dessen durchläuft die in diesem Augenblick nicht aktive Drehachse 9.* des Nordscheitels den entsprechenden Bogen der singulären und nicht stetigen Trajektorie BD (Bogen BD_3^1 auf der Fig. 7a, Abb. 3; Bogen BD_5^1 auf der Fig. 11a, Abb. 3; Bogen BD_7^1 auf der Fig. 15a, Abb. 3) und die früher aktivierte Fixierung der Drehachse 12.* wird im geeigneten Augenblick gelöst. In dieser Bewegungsphase erfolgt dann im Arbeitsraum 8.* das Auslassen des verbrannten Mediums, und im Arbeitsraum 13.* ein Arbeitsgang.

25

2. Takt – Achsensprung. Abb. 4 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15 zeigt den Kolben 1.* in der Anschlagposition, wo die inaktive Drehachse 9.* das Ende des entsprechenden Bogens BD_3^1 auf der Fig. 7a, Abb. 4, des Bogens BD_5^1 auf der Fig. 11a, Abb. 4 und des Bogens BD_7^1 auf der Fig. 15a, Abb. 4 erreicht, dann springt eine Springachse aus dem Deckel des Gehäuses in die Springachsenaufnahme der Drehachse 9.* und die Drehachse 9.* wird erzwungener Weise aktiv. Somit vollzieht sich der Achsensprung.

30

3. Takt – Drehhub. Abb. 5 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15 zeigt die Position des Kolbens 1.*, in welcher der Kolben sich um die Drehachse 9.* des Nordscheitels N dreht. Während dessen durchläuft die in diesem Augenblick nicht aktive Drehachse 12.* des Südscheitels den entsprechenden Bogen der singulären und nicht stetigen Trajektorie BD (Bogen BD_3^3 auf der Fig. 7b, Abb. 5; Bogen BD_5^4 auf der Fig. 11b, Abb. 5; Bogen BD_7^5 auf der Fig. 15b, Abb. 5) und die früher aktivierte Fixierung der Drehachse 9.* wird im geeigneten Augenblick

35

gelöst. In dieser Bewegungsphase erfolgt dann im Arbeitsraum 8.* das Auslassen des verbrannten Mediums, und im Arbeitsraum 13.* das Ansaugen.

3. Takt – Achsensprung. Abb. 6 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15 zeigt den Kolben 1.* in der Anschlagposition, wo die inaktive Drehachse 12.* das Ende des entsprechenden Bogens BD_3^3 auf der Fig. 7b, Abb. 6, des Bogens BD_5^4 auf der Fig. 11b, Abb. 6 und des Bogens BD_7^5 auf der Fig. 15b, Abb. 6 erreicht, dann springt eine Springachse aus dem Deckel des Gehäuses in die Springachsenaufnahme der Drehachse 12.* und die Drehachse 12.* wird erzwungener Weise aktiv. Somit vollzieht sich der Achsensprung.

10

4. Takt – Drehhub. Abb. 7 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15 zeigt die Position des Kolbens 1.*, in welcher der Kolben sich um die Drehachse 12.* des Südscheitels S dreht. Während dessen durchläuft die in diesem Augenblick nicht aktive Drehachse 9.* des Nordscheitels den entsprechenden Bogen der singulären und nicht stetigen Trajektorie BD (Bogen BD_3^2 auf der Fig. 7b, Abb. 7; Bogen BD_5^2 auf der Fig. 11b, Abb. 7; Bogen BD_7^2 auf der Fig. 15b, Abb. 7) und die früher aktivierte Fixierung der Drehachse 12.* wird im geeigneten Augenblick gelöst. In dieser Bewegungsphase ist dann im Arbeitsraum 8.* das Verdichten des Mediums, und im Arbeitsraum 13.* das Ansaugen.

20 4. Takt – Achsensprung. Abb. 8 der jeweiligen Fig. 7, 11 oder 15 zeigt den Kolben 1.* in der Anschlagposition, wo die inaktive Drehachse 9.* das Ende des entsprechenden Bogens BD_3^2 auf der Fig. 7b, Abb. 8, des Bogens BD_5^2 auf der Fig. 11b, Abb. 8 und des Bogens BD_7^2 auf der Fig. 15b, Abb. 8 erreicht, dann springt eine Springachse aus dem Deckel des Gehäuses in die Springachsenaufnahme der Drehachse 9.* und die Drehachse 9.* wird erzwungener Weise aktiv. Somit vollzieht sich der Achsensprung. Das verdichtete Medium in der entsprechenden Zündkammer 7.* wird gezündet oder das Arbeitsmedium wird in die verdichtete Arbeitsluft der Brennraummulde 7.* eingespritzt.

25

30 Damit sehen wir, dass immer zwei Takte von den vier Takten insgesamt bei den Motoren der RKM-1-Reihe in der 4-Takt-Version auf jeder Seite des Kolbens 1.* Arbeitstakte sind. Dann haben wir für den

- bi-ovalen Kolben *in der tri-ovalen Kammer* (Fig. 1) **drei Arbeitsgänge** pro eine volle Umdrehung des Kolbens,
- für den quattro-ovalen Kolben *in der pent-ovalen Kammer* (Fig. 2) **fünf Arbeitsgänge** pro eine volle Umdrehung des Kolbens,
- 35 - für den sext-ovalen Kolben *in der sept-ovalen Kammer* (Fig. 3) **sieben Arbeitsgänge** pro eine volle Umdrehung des Kolbens,
- und so weiter.

Für die RKM-Maschine als Zweitaktverbrennungsmotor, Luftdruck-, Hydraulikmotor oder Pumpe wird dagegen jeder Drehhub einen Arbeitsgang beinhalten. Dann verdoppelt sich die Anzahl der Arbeitsgänge, und wir haben für den

- 5 - bi-ovalen Kolben *in der tri-ovalen Kammer* (Fig. 1) *sechs Arbeitsgänge* pro eine volle Umdrehung des Kolbens,
- für den quattro-ovaler Kolben *in der pent-ovalen Kammer* (Fig. 2) *zehn Arbeitsgänge* pro eine volle Umdrehung des Kolbens,
- für den sext-ovaler Kolben *in der sept-ovalen Kammer* (Fig. 3) *vierzehn*
- 10 *Arbeitsgänge* pro eine volle Umdrehung des Kolbens,
- und so weiter.

Des Weiteren soll bemerkt werden, dass die Rotationskolbenmaschinen RKM-1 dadurch gekennzeichnet sind, dass die durch Rotationsbewegung erzeugte Leistung unmittelbar nur mit dem einfachen verzahnten Mechanismus der *einen* Abtriebswelle abgenommen wird, anstatt mit dem mehrgliedrigen Mechanismus (z. B. Kurbelwelle mit Pleuel, Gelenken u. a.) als Umwandlungsmechanismus einer linearen Bewegung des Kolbens wie bei den klassischen Hubkolben in die Drehbewegung der Abtriebswelle.

20 Da die Krümmung der abzugleitenden Innenoberflächenkontur des Gehäusemantels 2.* im Gegensatz zu der des Wankel-Motors nur zwei Werte – r_1 und r_2 – annimmt und sich beim Abgleiten nicht kontinuierlich ändert, lässt sich das Problem der Abdichtung auch gut lösen. Zum Beispiel kann die Querschnittkontur der Kontaktfläche des jeden Dichtungselements

25 eine solche Kombination (hier ohne Abbildung) der Bögen mit den Radien r_1 - r_2 - r_1 sein, dass das dichte, flächenmäßige Anliegen an die Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.* in jeder Position des Kolbens 1.* gewährleistet ist.

Weiterhin kann man mehrere Dichtungselemente $c - d - c - d - c$ wie auf der Fig. 19

30 anhäufen und einiges mehr.

Von besonderer Bedeutung ist eine im Kolben 1.* platzierte Steuervorrichtung (Fig. 18), welche den Andruck der Dichtungselemente 5.* auf die Innenoberfläche der Kammer des Gehäuses 2.* unter Ausnutzung der Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern

35 selbsttätig reguliert, was eine noch höhere Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern und damit einen noch besseren Wirkungsgrad ermöglicht. Die Konstruktion eines möglichen Beispiels solcher Steuervorrichtung ist aus der Fig. 18 und der Legende verständlich.

K o m m e n t a r

- Unsere RKM-Motoren stellen eine Verallgemeinerung der klassischen Hubkolbenmaschine dar und sind ihr topologisch (aber keineswegs geometrisch und konstruktiv) äquivalent. Im Grunde genommen ist die Istbahn des Hubkolbens auch singular. Die Bewegung des klassischen Hubkolbens ist schaukelnd eindimensional. Im dreidimensionalen ontischen Raum wird die eindimensionale Bewegung mit den Einrichtungen zylindrischer Symmetrie verwirklicht. An den Umkehrpunkten des Hubkolbens erfolgt der Tangentensprung um 180° , während der Tangentensprung der Trajektorie des Ritzels bezüglich des bi-ovalen Rotationskolbens 60° beträgt, alle anderen Werte der Tangentensprünge der RKM-1-Maschinen liegen dazwischen. Die prinzipielle Singularität der Istbahn des Kolbens in der ganzen Reihe RKM-1 manifestiert sich im Vorhandensein des „toten Punkts“ am Ende jedes Takts, in dem der Kolben für einen Moment stehen bleibt. Dem toten Punkt entspricht immer ein Sprung der endlich oder unendlich weit liegenden Drehachse (siehe weiter unten). Bei RKM-1 entspricht dem toten Punkt das momentane Anhalten des Kolbens (1.*); die Drehachse kann nur beim „stehenden“ Kolben springen, auch bei den Hubkolbenmaschinen. Nur ist bei den Hubkolbenmaschinen der Achsensprung unendlich groß, was mit der Entartung der im Allgemeinen zweidimensionalen Rotationsbewegung zur eindimensionalen Linearbewegung zusammenhängt. Bei der Aufhebung dieser Entartung wird der Achsensprung endlich groß. Je weiter die RKM-1-Konfiguration von der linearen Entartung entfernt ist (je näher zum Anfang der RKM-1-Reihe), desto kleiner wird dann auch der Achsensprung.
- Zwar ist die Dauer des „Stehenbleibens“ des Kolbens im singulären Punkt gleich null, jedoch kommt es auf das prinzipielle Vorhandensein dieser Singularität an. Die Kurbelwelle der klassischen Hubkolbenmaschine ist eine geniale Lösung des Problems, die Bewegung des Kolbens entlang einer singulären Trajektorie mit den „Haltestellen“ in den Umkehrpunkten in eine gleichmäßige Rotation der Abtriebswelle umzuwandeln. Diese Lösung ist eine elegante Umgehung der Singularität in der Kolbenbewegung. Wir dagegen nutzen diese Singularität im Konstruktionsprinzip der Maschine aus.

- Der tote Punkt bei den Hubkolbenmaschinen wird überwunden mit Hilfe des Trägheitselements (Schwungrad) und spielt kinematisch weiterhin keine Rolle. Deswegen unterscheidet man die Begriffe „Takt“ und „Gang“ für die Hubkolbenmaschinen nicht. Im Gegensatz zu dem ist bei den Rotationskolbenmaschinen eine solche Unterscheidung unumgänglich. Der Takt besteht hier aus einem Gang und dem darauffolgenden Achsensprung.

Wenn wir den Hub bei den Hubkolbenmaschinen als einen Drehgang der Rotationskolbenmaschine sehen, dann müssen wir den Hub als eine Drehung um eine unendlich weit entfernte Achse betrachten (Fig. 16). Dem Gang zurück entspricht dann die Drehung in die gleiche Richtung, aber um eine in die entgegengesetzte Richtung ebenso unendlich weit entfernte Achse. So entspricht dieser *unendlich weite Achsensprung* dem Übergang des Hubkolbens über den Umkehrpunkt. Und überhaupt bleibt die Drehrichtung des Kolbens bei allen Maschinen aus der Reihe RKM-1 immer dieselbe, was topologisch der Konstanz der Drehrichtung der Abtriebswelle entspricht.

10

In diesem Sinne sind die Rotationskolbenmaschinen RKM-1 eine konsequente Verallgemeinerung der konventionellen Hubkolbenmaschinen. Eine Anordnung von *zwei* miteinander verbundenen Hubkolben stellt topologisch gesehen einen Spezialfall der Rotationskolbenmaschine RKM-1 dar, nämlich eine Maschine (Fig. 17) mit dem Gehäuse (2.17), in dem sich der Doppelkolben (1.17) mit der Axialsymmetrie 2. Ordnung in einer dem Kolbenquerschnitt angepassten Kammer (Symmetrie der Kammer diskutieren wir in den nächsten Absätzen) bewegt und diese Kammer dabei in zwei gegeneinander und nach außen abgedichteten Arbeitsräume (8.17 und 13.17) mittels Dichtelemente (5.17) so teilt, dass die Volumina der Arbeitsräume sich mit der fortschreitenden Bewegung des Kolbens (1.17) abwechselnd vergrößern und verkleinern, wobei jedem dieser Arbeitsräume im Gehäusemantel mindestens eine Einlassvorrichtung (6.17) und mindestens eine Auslassvorrichtung (15.17) zugeordnet sind; der Kolben kann sich alternativ um einen von zwei möglichen *unendlich weit liegenden* geometrischen Drehpunkten des Kolbens (9.17 und 12.17, siehe auf der Fig. 16) rotierend bewegen, während die aktuelle unendlich weit liegende momentane Rotationsachse (zum Beispiel 12.17) in eine relativ zum Kolben spiegelsymmetrische Position (zum Beispiel 9.17) gerade in dem Moment sprunghaft hinüberwechselt, in dem der Kolben die linke *Randposition (Anschlagsposition)* erreicht, usw.

Als Spezialfall der Rotationskolbenmaschinen gesehen, haben die Hubkolbenmaschinen nur unendlich weite Sprünge, während die echten Rotationskolbenmaschinen alle möglichen endlichen Achsensprünge aufweisen.

Um die Verallgemeinerung besser zu verstehen, müssen wir den Platz der konventionellen Hubmaschinen in der hier präsentierten Konstruktionsreihe von Rotationskolbenmaschinen RKM-1 mit einem multiovalen Kolben der Axialsymmetrie zweiter Ordnung und einer multiovalen Kammer der Axialsymmetrie beliebiger ungerader Ordnung zeigen.

Sei die Reihe der RKM-1-Maschinen mit dem Parameter n , der Symmetrieordnung der Kammer, und noch mit einem Parameter q_n , der Relation zwischen der Weite des Achsensprungs AS_n^m einerseits und der Länge L_n^{TR} der singulären Trajektorie TR andererseits charakterisiert, $q_n = L_n^{TR} / AS_n^m$. Offensichtlich ist L_n^{TR} der Antriebsgang des Kolbens, und $q_n = q_n(n)$, $q_n \Rightarrow 0$, wenn $n \Rightarrow \infty$. Wenn wir von der technischen Realität ausgehen und den Antriebsgang L_n^{TR} des Kolbens als die Basisgröße der Maschine festlegen, dann sehen wir, dass die klassische Hubkolbenmaschine (Fig. 17) zu der Reihe der Rotationskolbenmaschinen RKM-1 auf dem Platz $n = \infty$ gehört. Die Hubgänge L_n^{TR} ihres Kolbens entsprechen der Rotation um eine unendlich weit entfernte Drehachse, die einen ebenso unendlichen Achsensprung ($AS_n^m = L_n^{TR} / q_n$; $AS_n^m \Rightarrow \infty$, wenn $q_n \Rightarrow 0$) vollzieht, wenn der Kolben die Anschlagposition (seinen toten Punkt) erreicht. Somit entsprechen topologisch die Hubkolbenmaschinen den Rotationskolbenmaschinen nach RKM-1 Typ mit der äquivalenten Kammer der Axialsymmetrie *unendlich großer* Ordnung $n = \infty$, also dem Kreis.

15

Die entsprechende Trajektorie der alternierenden Drehachse – ursprünglich ein gleichschenkliges Bogen-(n)-eck BD_n – entartet in dem Fall zu einer unendlich langen Gerade, die zu einer Symmetrieachse b-b der Kolbenanordnung wird und fällt dann mit der Linie des Achsensprungs (O1-O2) zusammen (bzw. verläuft ihr parallel). Die Rotationsbewegung zerfällt dabei in zwei Bewegungen: eine lineare des Kolbens als Rotation um die unendlich weit liegenden Drehachsen O1 oder O2 und die andere als Rotation der Abtriebswelle (3.17). Die Rotation kann dann als Kurbelwelle oder auch als ein „Dreigliedriger Zahnmechanismus mit parallel angeordnetem Zahnstangenpaar“ in der Öffnung (18.17) wie in [5] (I. I. Artobolevskij, Mechanismen in der modernen Technik, Band III, Verlag Nauka, Moskau 1973, Russ. Klassifikation ПЗ-T-33, ПЗ-T-36 und ПЗ-T-37) beschrieben sowie als verschiedene Kulissenmechanismen wie in [6] (I. I. Artobolevskij, Mechanismen in der modernen Technik, Band III, Verlag Nauka, Moskau 1973, Russ. Klassifikation 3K-ЦУ-517, 3P-O-222, 3P-У-118 und 3Ц-T-293) und vieles andere verwirklicht werden.

30

Da die konventionellen Hubmotoren ein Grenzfall der RKM-1-Reihe bei $n = \infty$ sind, ist es natürlich zu erwarten, dass die meisten Finessen und Erfahrungen des Motorenbaus im letzten Jahrhundert der Weiterentwicklung der RKM-Maschinen zu Gute kommen, und die RKM-Maschinen schneller als ihrer Vorgänger zur Serienreife entwickelt werden können.

35

Legende und Zeichnungen

Vermerk:

- In der numerischen Bezeichnung der Positionen von Elementen der Zeichnungen bedeuten
- 5 die Buchstaben oder Ziffern vor dem Punkt den Verweis auf die entsprechenden Elemente, und die Ziffer nach dem Punkt verweist auf die Nummer der dazugehörigen Hauptfigur. Der Stern nach dem Punkt (.) bedeutet, dass die Ziffern vor dem Punkt sich auf die entsprechenden Elemente von allen in den jeweiligen Textabschnitten erwähnten Figuren bzw. auf *alle Varianten* der Maschinen aus der Reihe RKM-1 beziehen. Die
- 10 alphanumerischen Bezeichnungen beziehen sich auf die jeweiligen schematischen Darstellungen und Erklärung der Funktionen.

- a-a gemeinsame Tangente zum Kreis T3 und zum Teilkreis T4, in einem Spezialfall die Teilgerade der Zahnstange ZS
- 15 A die jeweils aktuelle Position der Achse des Zahnrads ZR sowie sein Massenschwerpunkt relativ zum Kolben 1., geometrisches Zentrum der Arbeitskammer und der Trajektorie BD
- AS Achsensprung
- AS₃¹ Achsensprung von der Position 14^{1.1} zur Position 14^{3.1} der tri-ovalen Kammer
- 20 AS₃² Achsensprung von der Position 14^{2.1} zur Position 14^{1.1} der tri-ovalen Kammer
- AS₃³ Achsensprung von der Position 14^{3.1} zur Position 14^{2.1} der tri-ovalen Kammer
- AS_n^{m.*} Achsensprung von der Position 14^{m.*}, m = 1, 2, ..., n - 1, n in der n-ovalen Kammer ungerader Ordnung (n), n = 3, 5, 7, ... usw.
- AS_∞ Achsensprung bei n = ∞, AS_∞ = ∞
- 25 b-b Symmetrie-Hauptachse des Kolbens 1.*
- B1 erster Führungs-Zahnbogen des Hohlrads in der Öffnung 18.*
- B2 zweiter Führungs-Zahnbogen des Hohlrads in der Öffnung 18.*
- BD unstetige Trajektorie der momentanen Drehachsen des Kolbens 1., für endliche n gleich BD_n
- 30 BD₃ gleichschenkliges Bogendreieck mit den Eckpunkten 14^{1.1}, 14^{2.1} und 14^{3.1}, die zugleich die Zentren der entsprechend gegenüber liegenden Bögen sind. Zum Bogendreieck BD₃ gehören sowohl die Bögen BD₃¹, BD₃² und BD₃³ als auch die Eckpunkte 14^{1.1}, 14^{2.1} und 14^{3.1}
- BD₃¹ Bogen 14^{1.1} - 14^{2.1} des Bogendreiecks BD mit Zentrum in 14^{3.1}

- BD₃² Bogen 14².1 – 14³.1 des Bogendreiecks BD mit Zentrum in 14¹.1
- BD₃³ Bogen 14³.1 – 14¹.1 des Bogendreiecks BD mit Zentrum in 14².1
- BD_n gleichschenkliges Bogen-(n)-eck der Punktsymmetrie ungerader Ordnung (n), n = 3, 5, 7, ... usw. mit Eckpunkten 14¹.*, 14².*, ... 14ⁿ.*. Zum Bogen-(n)-eck BD_n gehören sowohl die Bögen BD_n^m.* als auch die Eckpunkte 14^m.*, m = 1, 2, ..., n - 1, n
- 5 BD_n^m.* dem Zentrum 14^m.* gegenüber liegender Bogen des Bogen-(n)-ecks BD_n, m = 1, 2, ..., n - 1, n
- c Dichtungselement (Fig. 19) mit dem kreisförmigen Kontaktprofil des Radius r1, angepasst an die Innenkontur des Gehäusemantels 2.* mit dem kleineren Radius r1
- 10 d Dichtungselement (Fig. 19) mit dem kreisförmigen Kontaktprofil des Radius r2, angepasst an die Innenkontur des Gehäusemantels 2.* mit dem größeren Radius r2
- K3 Aussparung in den Zahnbögen B1 und B2, in dem Spezialfall kreisförmig
- L_n^{TR} Länge eines Bogens der singulären Trajektorie TR in der Kammer der n-ten Symmetrieordnung, der Antriebsgang (Rotationshub) des Kolbens
- 15 L_∞^{TR} Antriebsgang des Kolbens bei n = ∞, Antriebsgang (Hub) des Kolbens in der konventionellen Hubkolbenmaschine
- n Symmetrieordnung der Arbeitskammer im Gehäuse 2.*, ungerade Zahl n ≥ 3
- N der zur Drehachse 9.* am nächsten liegende Hauptscheitel des Kolbens 1.*, im Text „Nordscheitel“
- 20 O1 Zentrum des dem Zahnbogen B1 entsprechenden Teilkreises T1, Position 12.*
- O2 Zentrum des dem Zahnbogen B2 entsprechenden Teilkreises T2, Position 9.*
- O3 Knickpunkt (Singularität) der Trajektorie TR der Achse des Zahnrads ZR und gleichzeitig das Zentrum des Kreises T3, der zu den Teilkurven T1, T2 der Zahnbögen B1, B2 und T4 (bzw. der Teilgerade a-a) des Zahnbogens ZB (bzw. in einem Spezialfall der Zahnstange ZS) tangential ist
- 25 O3' dem Knickpunkt O3 gegenüber liegender Knickpunkt (Singularität) der Trajektorie TR
- q_n Relation zwischen der Weite des Achsensprungs AS_n^m.* einerseits und der Länge L_n^{TR} des Bogens der singulären Trajektorie TR (Antriebsgang) andererseits, q_n = L_n^{TR} / AS_n^m
- 30 r1 Radius des Bogens mit der größeren Krümmung der Innenkontur des Gehäusemantels 2.*

- 31
- r2 Radius des Bogens mit der kleineren Krümmung der Innenkontur des Gehäusemantels 2.*
- R1.* Radius des Teilkreises T1 des Zahnbogens B1
- R2.* Radius des Teilkreises T2 des Zahnbogens B2
- 5 S der zur Drehachse 12.* am nächsten liegende Hauptscheitel des Kolbens 1.*, im Text „Südscheitel“
- T1 Teilkreis des Zahnbogens B1
- T2 Teilkreis des Zahnbogens B2
- 10 T3 Der tangentielle Kreis zu den Teilkurven T1, T2 von den Zahnbögen B1, B2 und T4 (bzw. der Teilgerade a-a) des Zahnbogens ZB (bzw. in einem Spezialfall der Zahnstange ZS) mit dem Zentrum O3. In der Position des Zahnrads ZR wie auf den Fig. 5, 9 und 13 stimmt der tangentielle Kreis T3 mit dem Teilkreis des Zahnrads ZR überein
- T4 Teilkreis des Zahnbogens ZB
- 15 TR Bogenzweieck, Trajektorie (Istbahn) der Achse des Zahnrads ZR im Bezugssystem des Kolbens 1.*, TR besteht aus den Teilen: Kreisbogen TR1, Punkt O3, Kreisbogen TR2 und Punkt O3'
- TR1 Trajektorie (Istbahn) der Achse des Zahnrads ZR beim Abrollen des Zahnbogens B1 im Bezugssystem des Kolbens 1.*
- 20 TR2 Trajektorie (Istbahn) der Achse des Zahnrads ZR beim Abrollen des Zahnbogens B2 im Bezugssystem des Kolbens 1.*
- ZB medialer Zahnbogen (Überleitungs-Zahnbogen), konvexes Zahnsegment
- ZR abrollendes Zahnrad
- ZS mediale Zahnstange (Überleitungs-Zahnstange), nichtkonkaves Zahnsegment mit der Krümmung gleich null
- 25 1.* Rotationskolben
- 2.* Gehäuse mit der Arbeitskammer, Gehäusemantel, Arbeitskammer
- 3.* Abtriebswelle, Zahnrad (Ritzel), auch ZR
- 4.* Zündkerze bei Otto-Motoren, Einspritzdüse bei Diesel-Motoren, irrelevant für Luftdruck- und Hydraulik-Motoren sowie Pumpen
- 30 5.* Dichtungselement
- 6.* Einlasssteuermittel fürs Arbeitsmedium (z. B. Auslassventil)

- 7.* Zündkammer, Brennraummulde
- 8.* Vorderer Arbeitsraum, der Arbeitsraum in Richtung der momentanen Bewegung des Kolbens beim Komprimieren (Verdichten) oder Verdrängen (Auslassen) des Arbeitsmediums
- 5 9.* eine mögliche momentane Drehachse des Kolbens im Körper des Kolbens
- 10.* Zahnbogen, insbesondere die Führungs-Zahnbögen B1 und B2, konkave Zahnsegmente des Hohlrads 18.*
- 11.* mediale Zahnstange ZS - bzw. medialer Zahnbogen ZB, nichtkonkave Zahnsegmente des Hohlrads 18.*
- 10 12.* auch eine mögliche momentane Drehachse des Kolbens 1.* im Körper des Kolbens
- 13.* Hinterer Arbeitsraum, der Arbeitsraum in Gegenrichtung der momentanen Bewegung des Kolbens beim Ansaugen (Einlassen) des Mediums oder Ausdehnung des Arbeitsmediums (Arbeitsgang)
- 14^m.*) jeweilige Positionen der *aktuellen* Drehachsen des Kolbens 1.* im Gehäuse 2.* und
15 zugleich die Zentren entsprechender Springachsen mit $m = 1, 2, \dots, n$ und n – ungerade Zahl, Symmetrieordnung der Kammer
- 15.* Auslasssteuermittel (z. B. Auslassventil)
- 16.* Fixiervorrichtung für die aktuelle momentane Position der Drehachse des Kolbens => Springachse
- 20 17.* Gegenvorrichtung zur Fixiervorrichtung 16.* für die aktuelle momentane Position der Drehachse des Kolbens => Springachsenaufnahme
- 18.* Längsbohrung, eine mit der Verzahnung versehene Öffnung des Rotationskolbens 1.*, welche die Verzahnung der Abtriebswelle 3.* umfasst und mit ihren Zahnsegmenten das Ritzel der Abtriebswelle kämmt, das Hohlrad.
- 25 19.* Anschlagbolzen der Schiebervorrichtung für die Steuerung des Andrucks der Dichtungselemente an die Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.*
- 20.* Führungsbüchse für den Steuerschieber 21.* der Schiebervorrichtung für die Steuerung des Andrucks der Dichtungselemente an die Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.*
- 30 21.* Steuerschieber der Schiebervorrichtung für die Steuerung des Andrucks der Dichtungselemente an die Innenoberfläche des Gehäusemantels 2.*

ROTATIONS-KOLBEN-MASCHINEN (RKM-1) MIT EINER ABTRIEBSWELLE

5

Patentansprüche

1. Rotationskolbenmaschinen (Fig. 1 bis Fig. 3), insbesondere Rotationskolben-
Brennkraftmaschinen, mit dem Gehäuse (2.*), in dem sich der Rotationskolben (1.*) der
10 Axialsymmetrie 2. Ordnung in einer dem Kolbenquerschnitt angepassten Kammer der
Axialsymmetrie ungerader Ordnung bewegt und diese Kammer dabei in zwei gegeneinander
und nach außen abgedichteten Arbeitsräume (8.* und 13.*) mittels Dichtelementen (5.*) teilt,
so dass die Volumina der Arbeitsräume sich mit der fortschreitenden Rotation des
Rotationskolbens (1.*) abwechselnd vergrößern und verkleinern, wobei jedem dieser
15 Arbeitsräume im Gehäusemantel mindestens eine Einlassvorrichtung (6.*) und mindestens
eine Auslassvorrichtung (15.*) zugeordnet sind; der Rotationskolben kann sich alternativ um
einen von zwei möglichen geometrischen Drehpunkten des Kolbens (9.* und 12.*) rotierend
bewegen, während die aktuelle momentane Rotationsachse (zum Beispiel 9.*) in eine relativ
zum Kolben spiegelsymmetrische Position (zum Beispiel 12.*) gerade in dem Moment
20 sprunghaft hinüberwechselt, in dem der Kolben die *Randposition (Anschlagsposition)*
erreicht, bei der das Volumen der vor ihm in seiner Drehrichtung liegenden Kammer (8.*)
minimal wird und der Inhalt der Kammer (8.*) entweder durch das Auslassungssteuermittel
(15.*) entweichen ist oder in der dazugehörigen Zündkammer (7.*) komprimiert wird; der
Rotationskolben (1.*) treibt eine mit mindestens einem Zahnrad versehene Abtriebswelle
35 (3.*) während der Arbeitsgänge an, und in der übrigen Zeit wird der Kolben von der Welle
angetrieben; die Abtriebswelle ist im Symmetriezentrum der Kammer drehbar gelagert; der
Rotationskolben hat eine mit der Verzahnung versehene Öffnung (18.*), welche die
Verzahnung der Abtriebswelle umfasst und mit ihren Zahnsegmenten das Ritzel der
Abtriebswelle kämmt; dadurch **gekennzeichnet**, dass der Rotationskolben (1.*), welcher im
30 Querschnitt die Form einer der Figuren mit der Zentralsymmetrie zweiter Ordnung aufweist
und hier die höheren Ovale (polygonale stetige und glatte Bogenverbindungen) mit gerader
Anzahl der Scheitel darstellt, d.h. Bi-Oval (1.1), Quattro-Oval (1.2), Sext-Oval (1.3) usw., bis
zu einer theoretisch unendlich hohen Anzahl der Scheitel, wobei der Kolben 1.* nur zwei
Hauptscheiteln wegen der Symmetrie 2. Ordnung hat, die dadurch markiert sind, dass sie
35 auf der die möglichen momentanen Drehachsen verbindenden Gerade liegen.

2. Rotationskolbenmaschinen nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Kammer ebenfalls eine polygonale Bogenverbindung als eine „Figur der gleichen Höhe“ darstellt, mit der Zentralsymmetrie ungerader Ordnung mit der Form des Kolbens insoweit korrespondierend, dass der Kolben um einen der beiden Drehzentren rotierend die Innenkontur der Kammer abgleitet und in der Anschlagposition optimal anliegt, zum Beispiel, beim Rotationskolben als einfaches Oval (Bi-Oval) hat die Kammer die Symmetrieordnung drei (Fig. 1), beim Rotationskolben als Quattro-Oval hat die Kammer die Symmetrieordnung fünf (Fig. 2), beim Rotationskolben als Sext-Oval hat die Kammer die Symmetrieordnung sieben (Fig. 3), beim Rotationskolben als Oct-Oval hat die Kammer die Symmetrieordnung neun, usw.

3. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (2.*) mit den speziellen Arretier-Vorrichtungen (16.*) ausgestattet ist, so dass wenn die aktuelle momentane Rotationsachse in eine relativ zum Kolben spiegelsymmetrische Position sprunghaft hinüberwechselt, dann die neue momentane Drehachse im Augenblick des Hinüberwechsels mittels einer der Arretier-Vorrichtungen (16.*) für die Zeitperiode fixiert wird, welche gleich oder kleiner ist als die Dauer der Rotationsphase um den dieser neuen Drehachse entsprechenden geometrischen Drehpunkt des Kolbens (9.* oder 12.*), und spätestens beim Erreichen der Randposition des Kolbens wieder freigegeben wird; die beweglichen Teile der Arretier-Vorrichtung bilden eine Springachse.

4. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Rotationskolben (1.*) an den Stellen seiner geometrischen Drehpunkte (9.* und 12.*) die den Arretier-Vorrichtungen (16.*) konstruktiv entsprechende Arretier-Gegenvorrichtungen (17.*) hat, welche die Fixierung der jeweils neuen momentanen Drehachse im Augenblick des Hinüberwechsels ermöglicht, die Teile dieser Gegenvorrichtung, die in unmittelbaren Kontakt mit der Springachse kommen, bilden die Springachsenaufnahme.

5. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 3 und 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Arretier-Vorrichtungen im Kolben (1.*) und die Arretier-Gegenvorrichtungen im Gehäuse (2.*) konstruktiv untergebracht werden können.

6. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Arretier-Vorrichtungen (16.*) im Gehäuse (2.*) der Symmetrieordnung der Kammer entspricht, d. h. drei Vorrichtungen im Gehäuse mit der Kammer dritter

35

Symmetrieordnung (Fig. 1), fünf Vorrichtungen im Gehäuse mit der Kammer fünfter Symmetrieordnung (Fig. 2), sieben Vorrichtungen im Gehäuse mit der Kammer siebenter Symmetrieordnung (Fig. 3), usw.

- 5 7. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**,
dass die Arretier-Vorrichtungen und Arretier-Gegenvorrichtungen beim Erreichen einer
bestimmten von der Auslegung und Größe der RKM-1-Maschine abhängigen Minstdreh-
geschwindigkeit des Kolbens sowie bei den größeren Drehgeschwindigkeiten nicht mehr
betätigt werden müssen, um das klemmfreie Funktionieren des RKM-Motors zu
10 gewährleisten.
8. Rotationskolbenmaschinen nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die
Aussparung an den Längsseiten, gesehen von der Abtriebswelle aus, *konkave* Zahnbögen
und an den Kurzseiten entweder *konvexe* Zahnbögen oder Zahnstangen (also *nichtkonkave*
15 Zahnsegmente an den Kurzseiten) hat.
9. Rotationskolbenmaschinen nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass der
Kolben eine Aussparung *beliebiger* Form hat, welche die Platzierung der im Anspruch 8
beschriebenen Verzahnung erlaubt.
20
10. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 8, dadurch **gekennzeichnet**,
dass die Verzahnungen der Aussparung sowohl direkt im Körper des Kolbens gefertigt sein
können als auch als gesondert gefertigte Bauteile am Kolben befestigt werden können.
- 25 11. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 8, dadurch **gekennzeichnet**,
dass die technische Lösung der Achsenführung eines *beweglichen* (abrollenden) Zahnrads
um den Knickpunkt einer *stetigen* winkelförmigen Trajektorie, geschützt durch die
Patentanmeldung [4] [Boris Schapiro u. a., „Führung der Achse eines abrollenden Zahnrads
um den Knickpunkt einer winkelförmigen Trajektorie“, Patentanmeldung DE XXX XX XXX
30 (Die Nummer wird nachgereicht)], auf den Fall des Kämmens eines Abtriebszahnrads mit
unbeweglicher Achse durch die verzahnte Aussparung des Kolbens (1.*) angewendet wird,
während der Rotationskolben (1.*) eine durch die Sprünge der jeweiligen momentanen
Drehachse unterbrochene, *unstetige* Trajektorie durchläuft.
- 35 12. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
dass die Kühlung des Rotationskolbens 1.* durch die Längsbohrung 18.* und

Spezialdurchlässe (ohne Zeichnung) in den Gehäusedeckeln neben den Lagern der Abtriebswelle betrieben werden kann.

13. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
5 dass die Strömung in den Arbeitskammern insbesondere bei den Rotationskolbenmaschinen mit den Kammern der höheren Symmetrie ($n = 5, 7$ und höher, siehe Fig. 2 und 3) durch das Zusammenspiel von der Gestaltung der Einlassöffnungen und Auslassöffnungen sowie Öffnungs- und Schlusszeiten und Verschlussgrade mehrerer Steuereinrichtungen beeinflusst werden kann, so dass die Verbrennungsluft und die Abgase eine gewünschte
10 Richtung und verbesserte Verbrennungsdynamik einnehmen, um den Verbrennungsablauf günstig zu beeinflussen.

14. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
15 dass die durch Rotationsbewegung erzeugte Leistung unmittelbar nur mit dem einfachen Mechanismus der *einen* Abtriebswelle abgenommen wird.

15. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
20 dass die Querschnittskontur der Dichtungselemente an die Krümmung der abzugleitenden Oberfläche in alternierender Weise und/oder als Kombination der Abschnitte (ohne Zeichnung) mit jeweils kleinerem – größeren – kleinerem Krümmungsradius angepasst wird, so dass das angepasste Profil der Dichtungselemente trotz der alternierenden Krümmung nicht nur einen Linien-, sondern stets den Oberflächenkontakt der Dichtung mit den Innenwänden der Kammer des Gehäusemantels und damit eine höhere Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern ermöglicht.

25

16. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
25 dass eine im Kolben 1.* platzierte Steuervorrichtung den Andruck der Dichtungselemente 5.* auf die Innenoberfläche der Kammer des Gehäuses 2.* unter Ausnutzung der Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern selbsttätig reguliert, was eine noch höhere
30 Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern und damit einen noch besseren Wirkungsgrad ermöglicht.

17. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
35 dass sie als Viertaktverbrennungsmotor ausgelegt werden können.

18. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**,
dass sie als Zweitaktverbrennungsmotor ausgelegt werden können.

19. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass sie als Luftdruckmotor ausgelegt werden können.

5 20. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass sie als Hydraulikmotor ausgelegt werden können.

21. Rotationskolbenmaschinen nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass sie als Pumpe ausgelegt werden können.

10

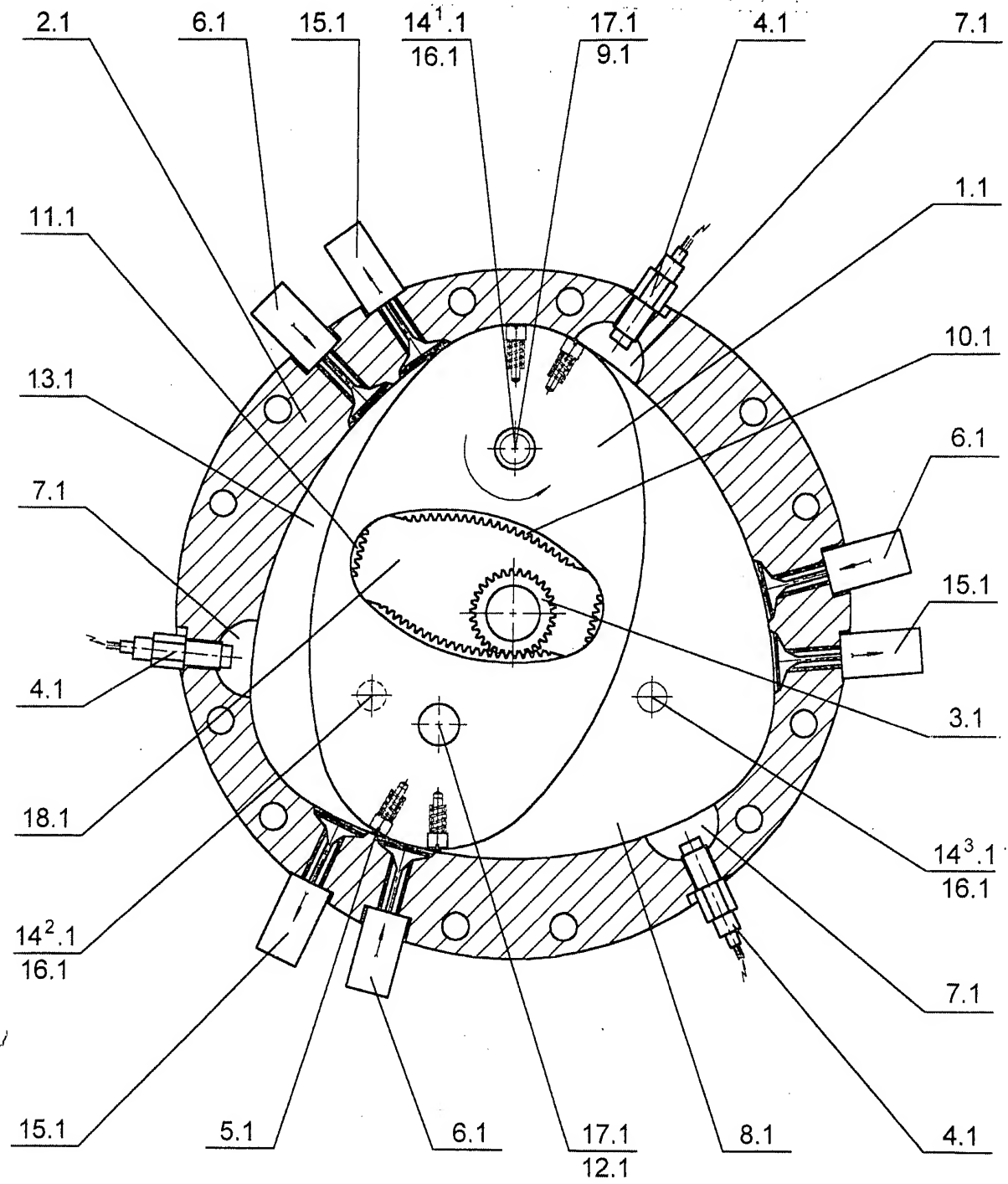


Fig. 1

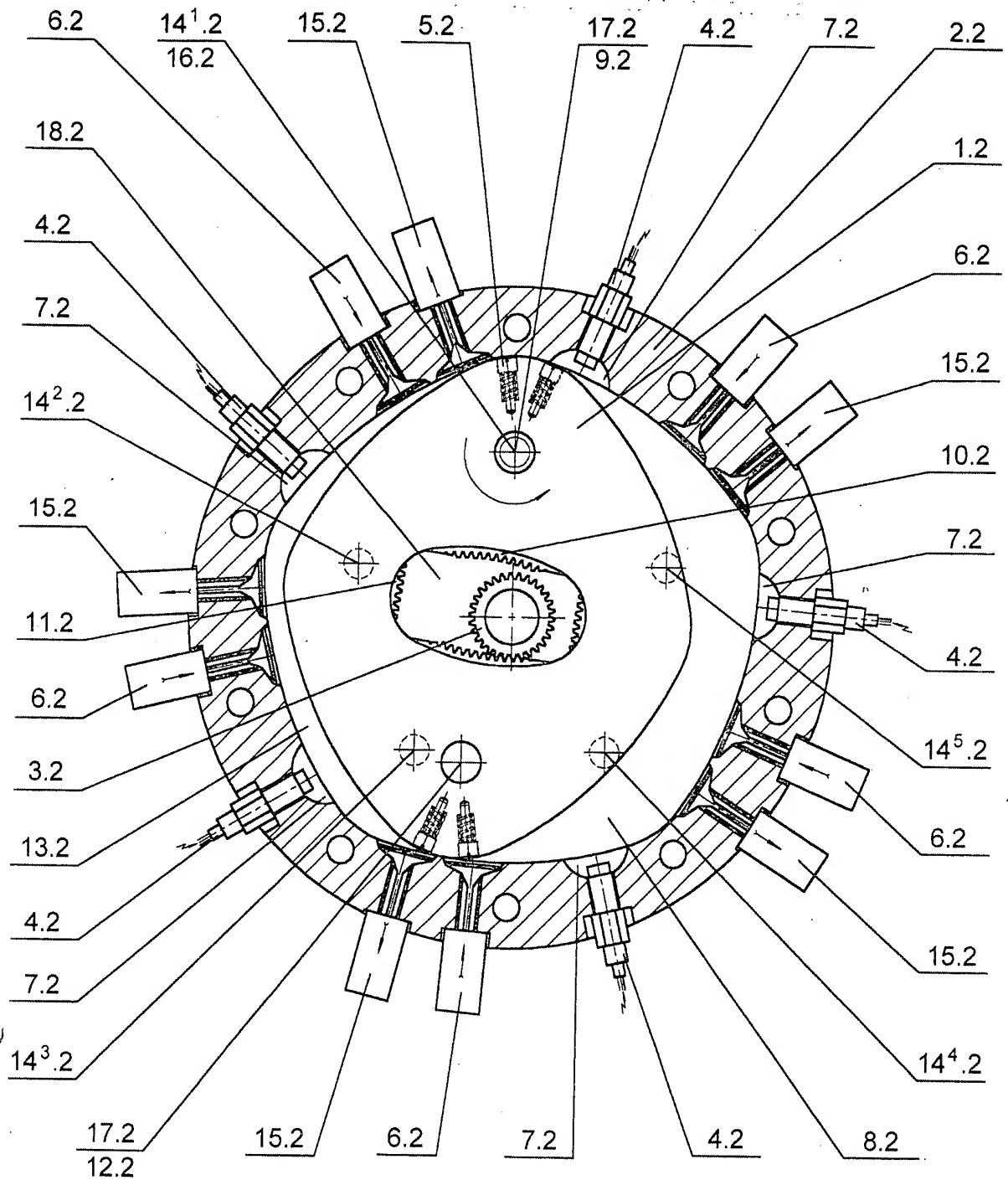


Fig. 2

40

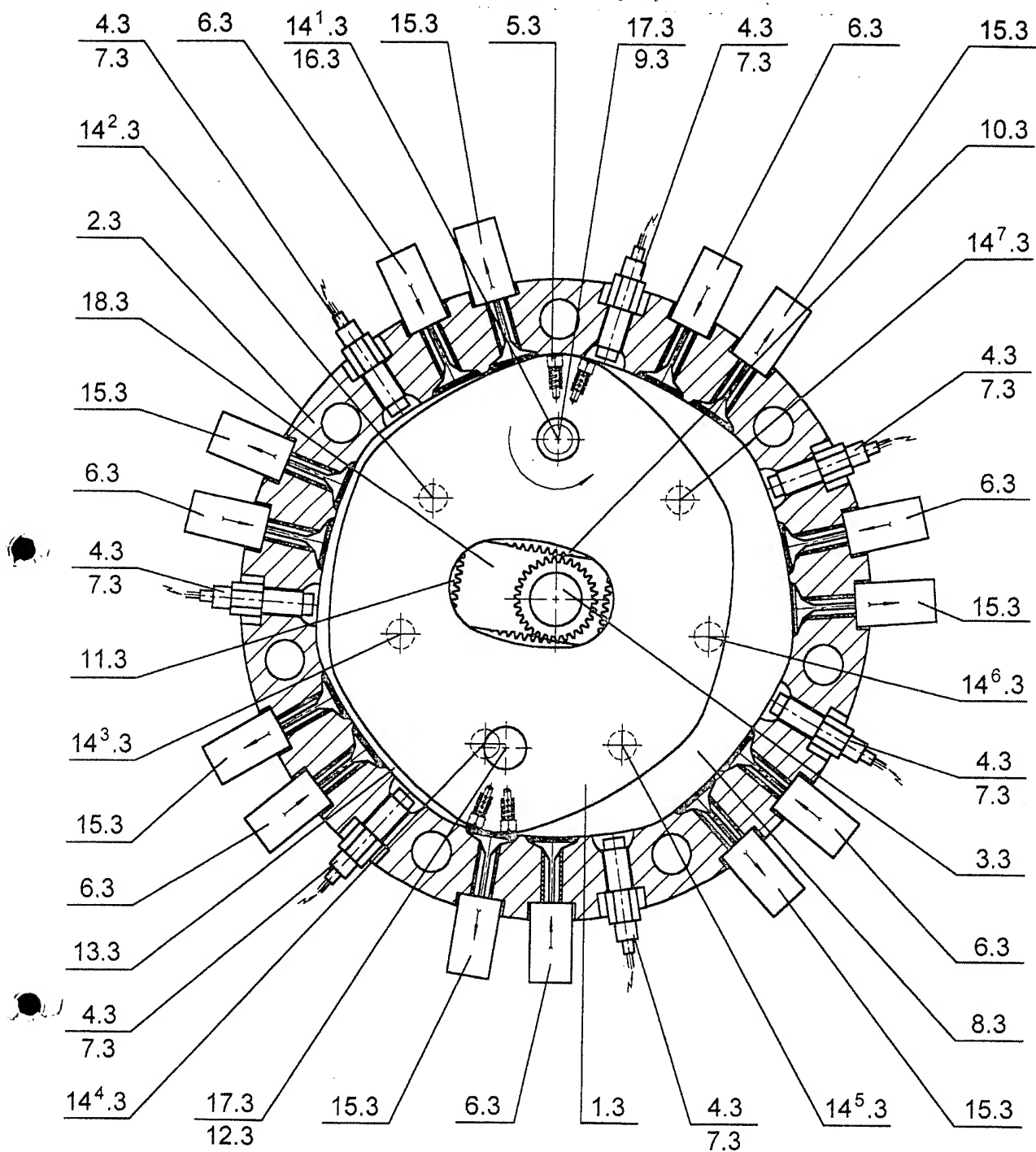


Fig. 3



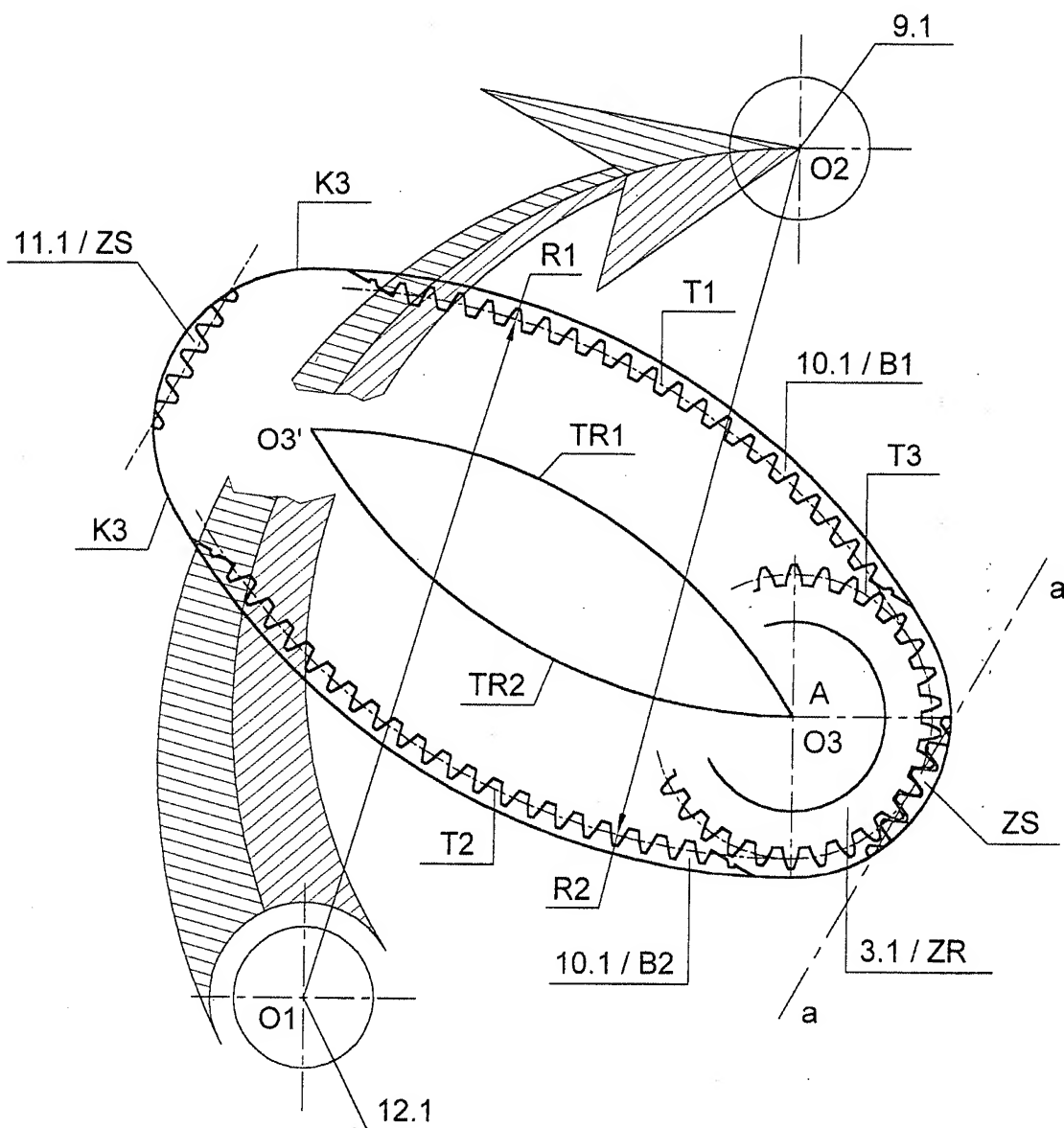


Fig. 5



42 67 44
43/68

Abb. 1

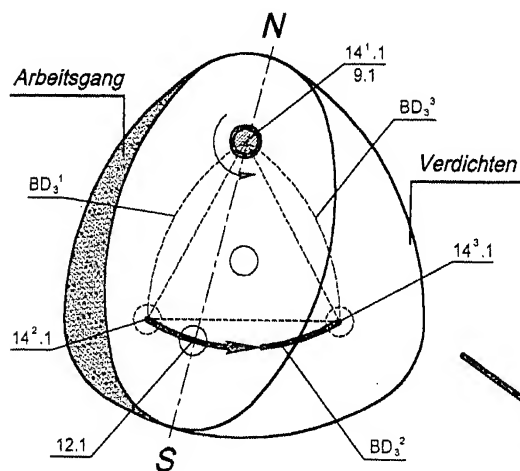


Abb. 2

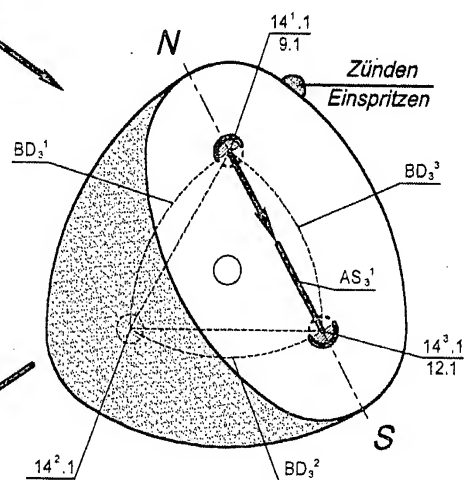


Abb. 3

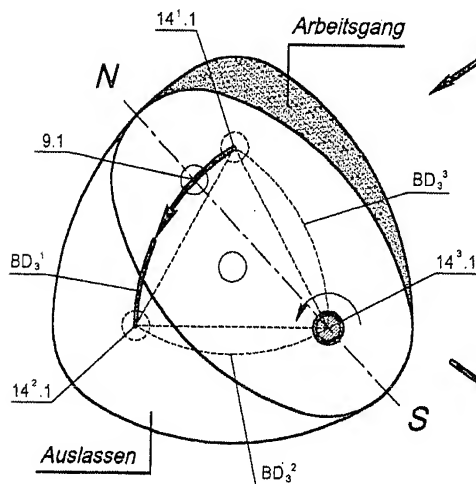
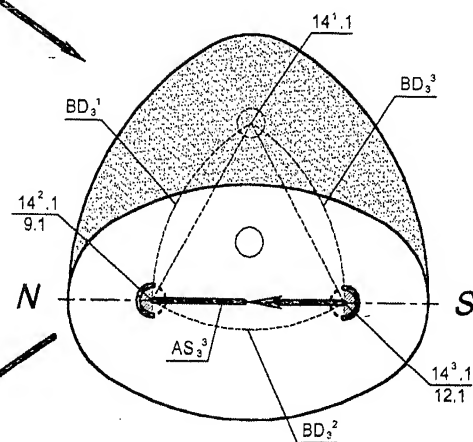


Abb. 4



zur Abb. 5 auf der Fig. 7b

Fig. 7a

42/68
43/68

Abb. 5

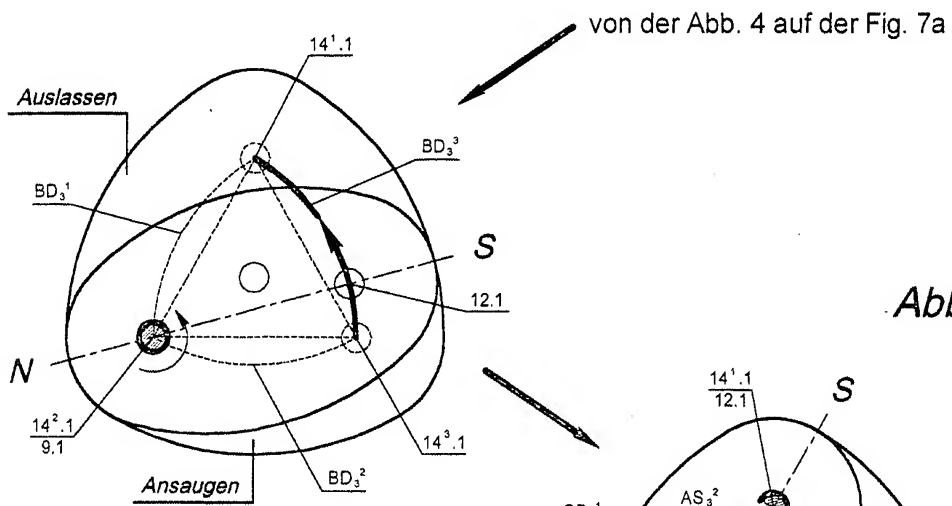


Abb. 6

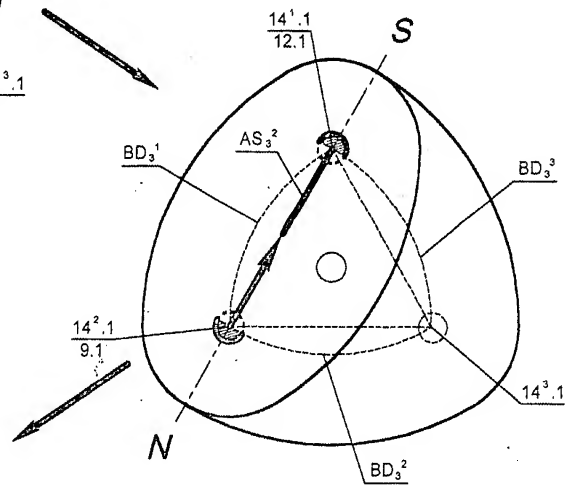


Abb. 7

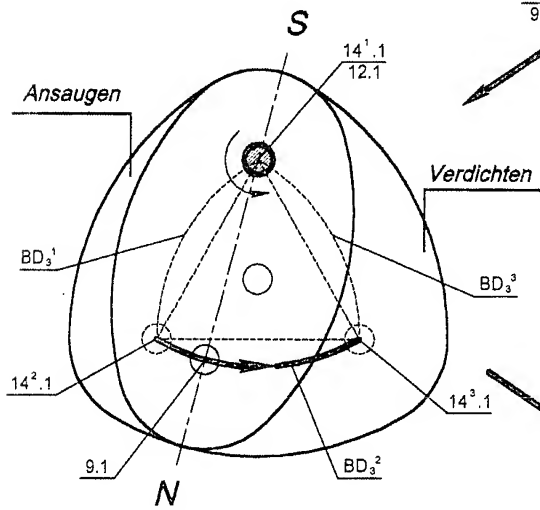
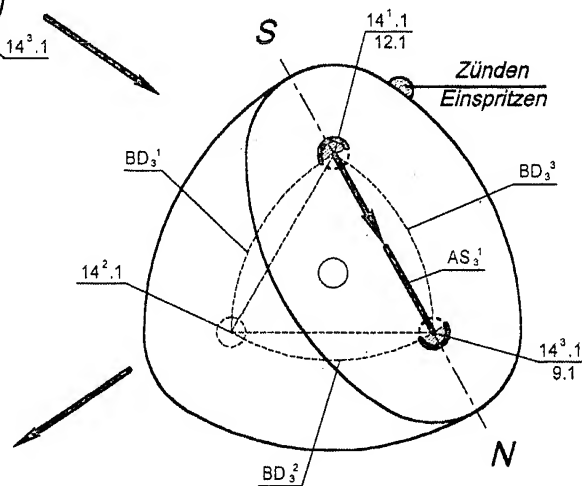


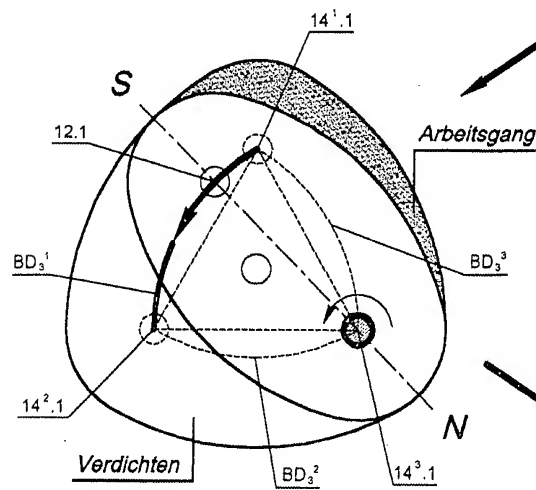
Abb. 8



zur Abb. 9 auf der Fig. 7c

Fig. 7b

Abb. 9



von der Abb. 8 auf der Fig. 7b

Abb. 10

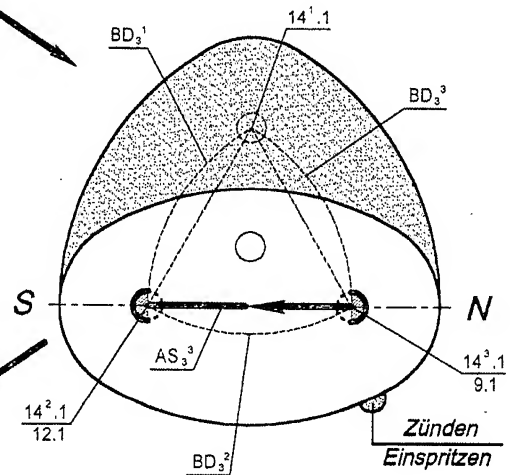


Abb. 11

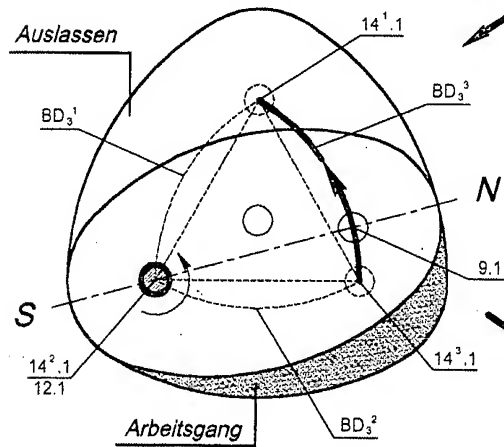


Abb. 12

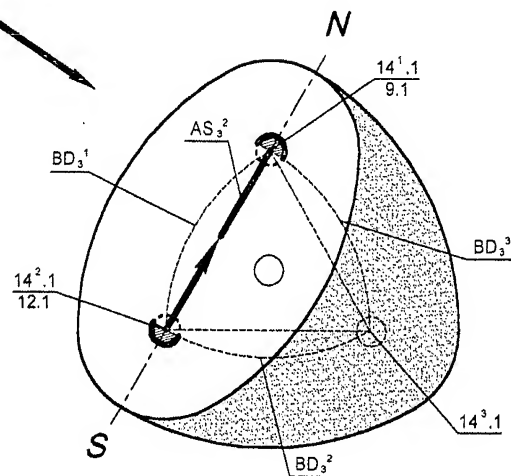


Fig. 7c

457

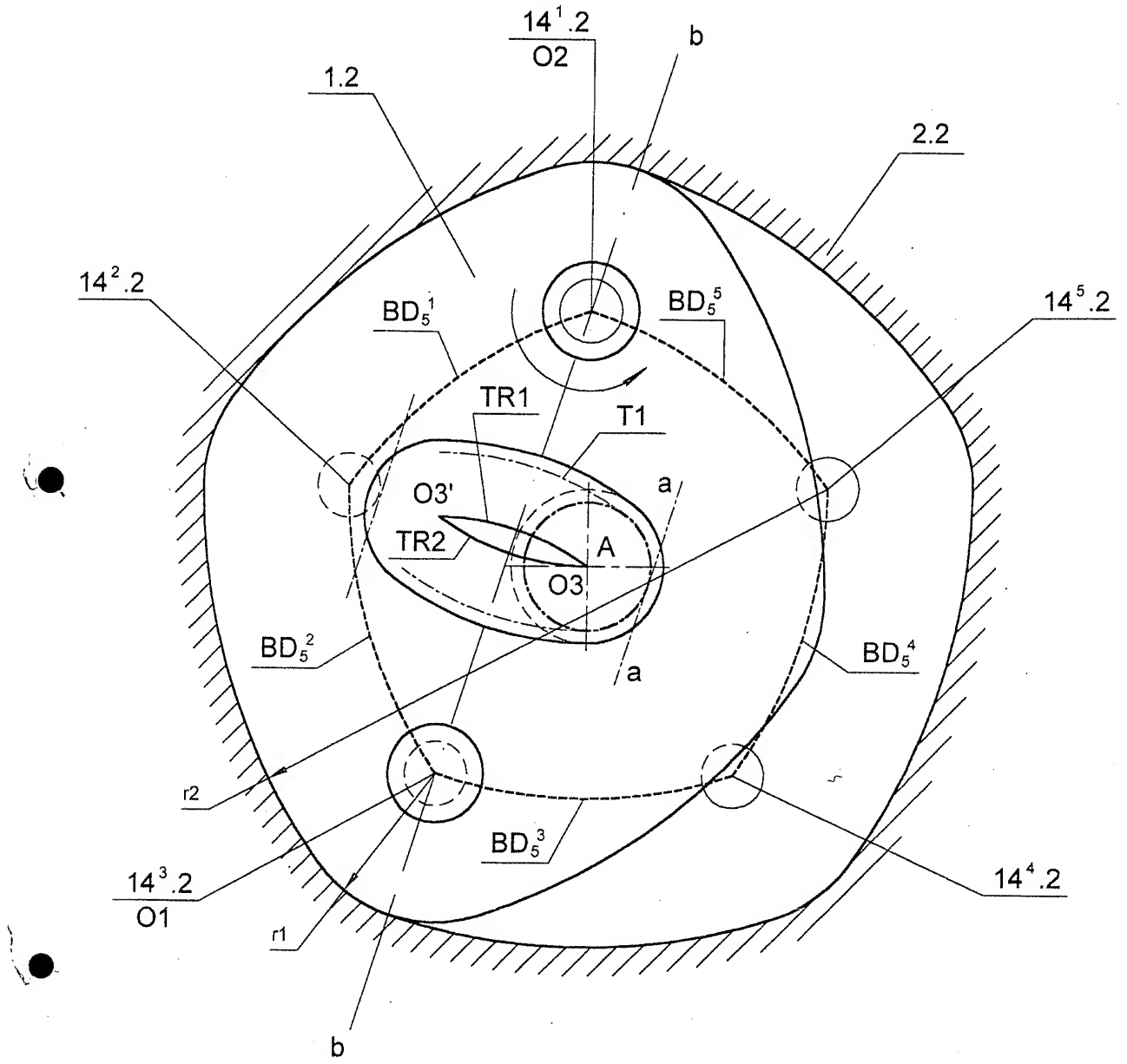


Fig. 8

46 67 48

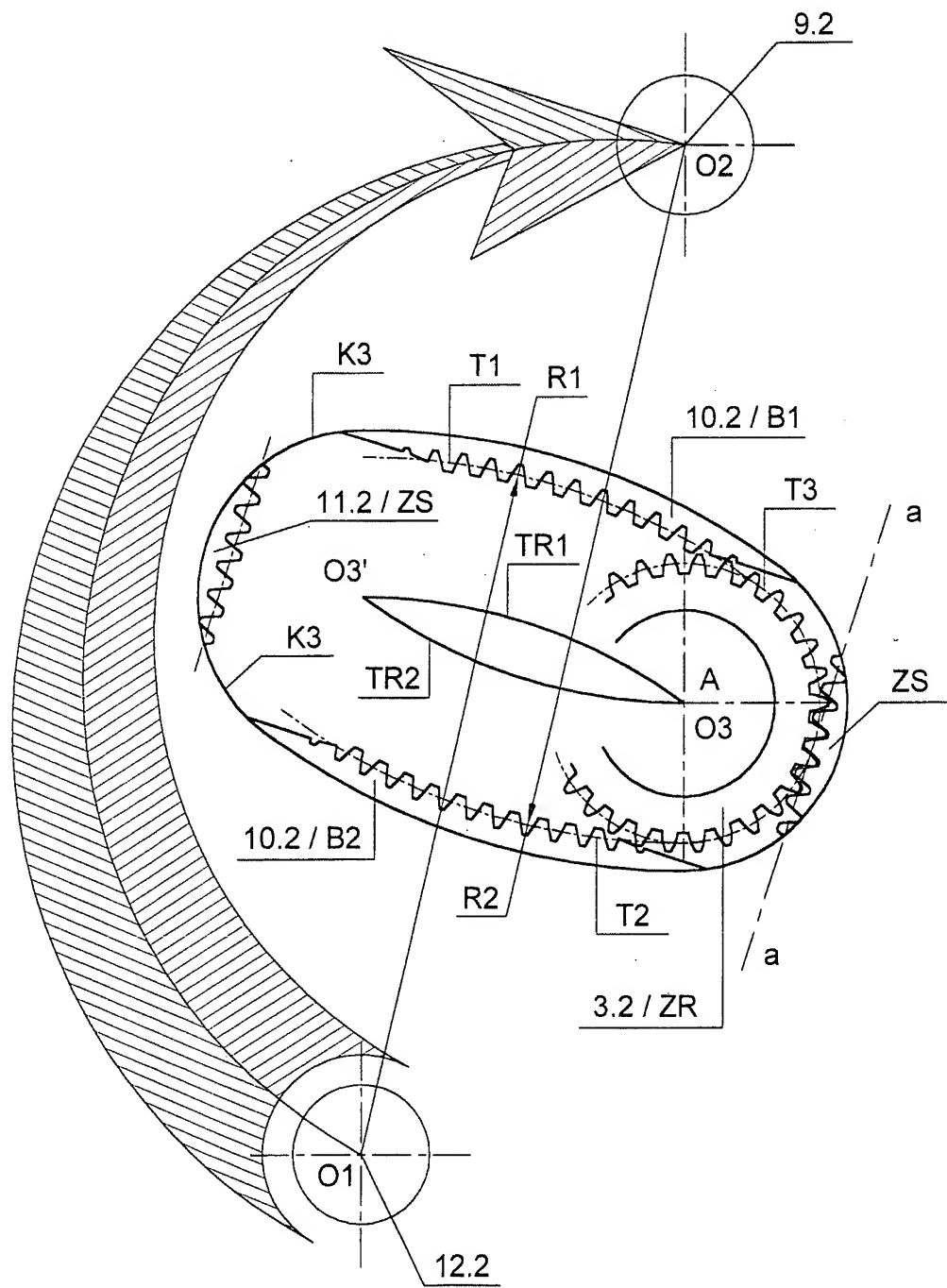


Fig. 9

46/67
47/68



48/67 50

Abb. 1

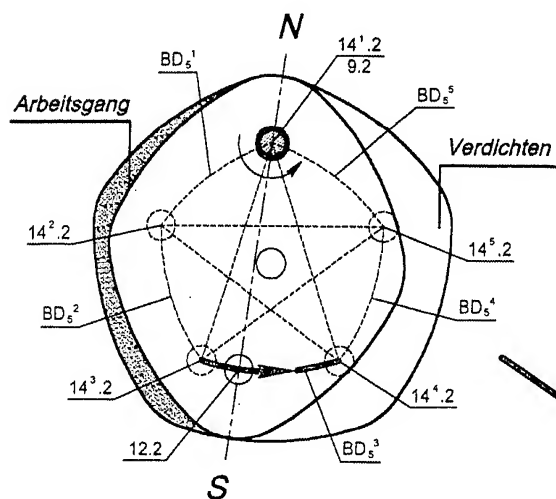


Abb. 2

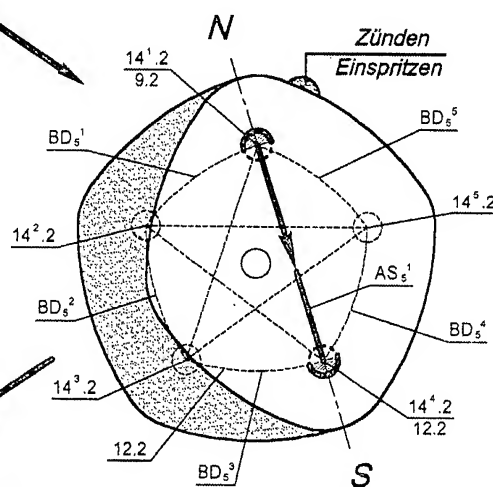


Abb. 3

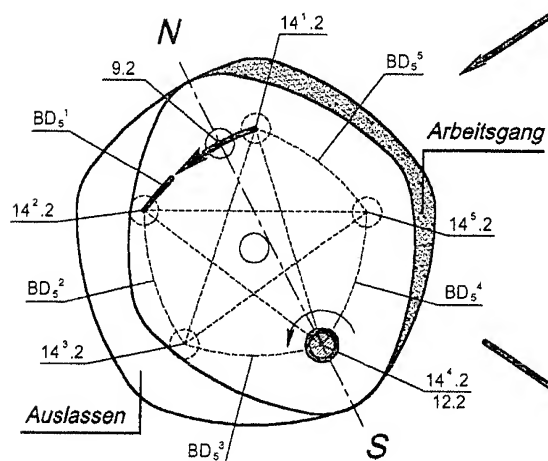
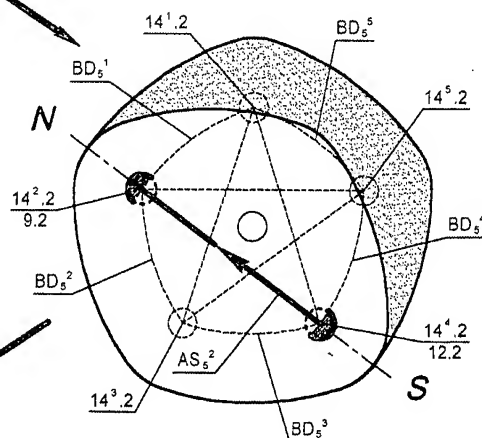


Abb. 4



zur Abb. 5 auf der Fig. 11b

Fig. 11a

48/67
49/68

Abb. 5

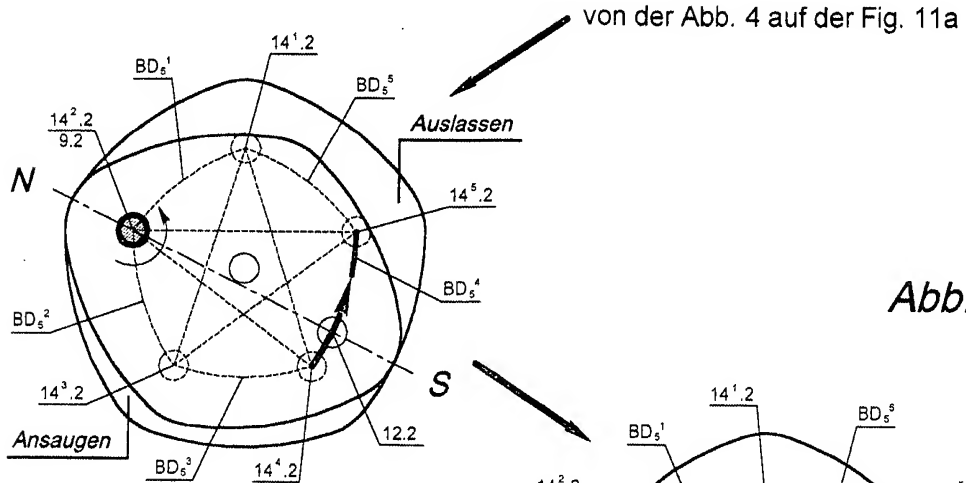


Abb. 6

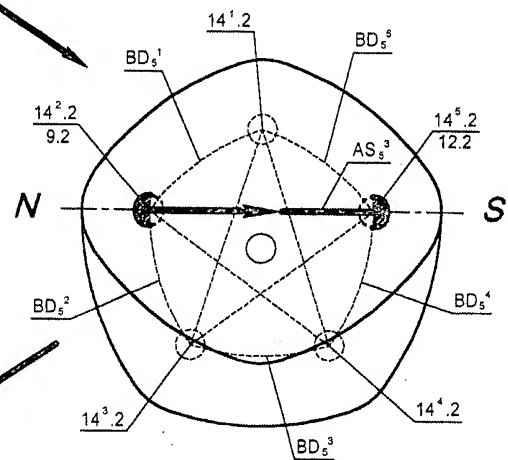


Abb. 7

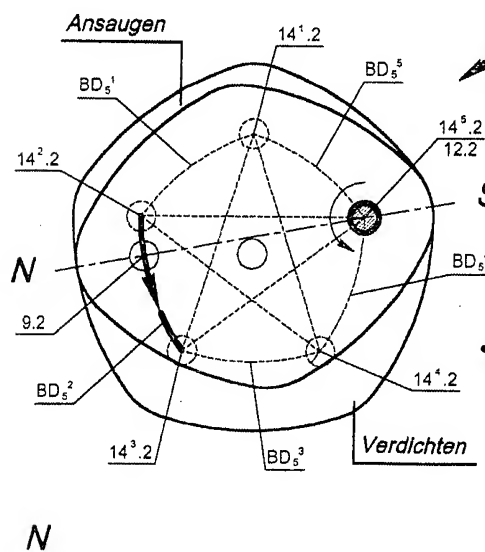
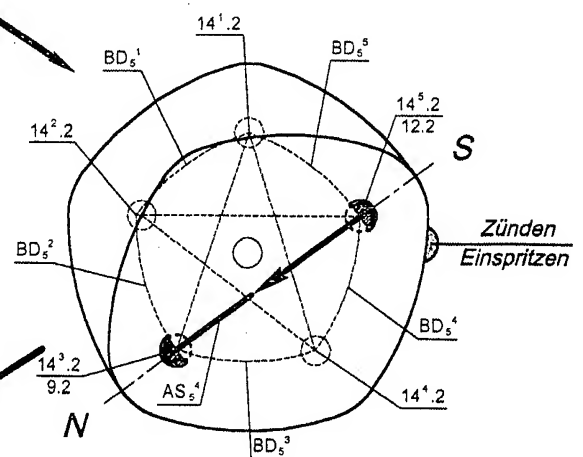


Abb. 8



zur Abb. 9 auf der Fig. 11c

Fig. 11b

Abb. 9

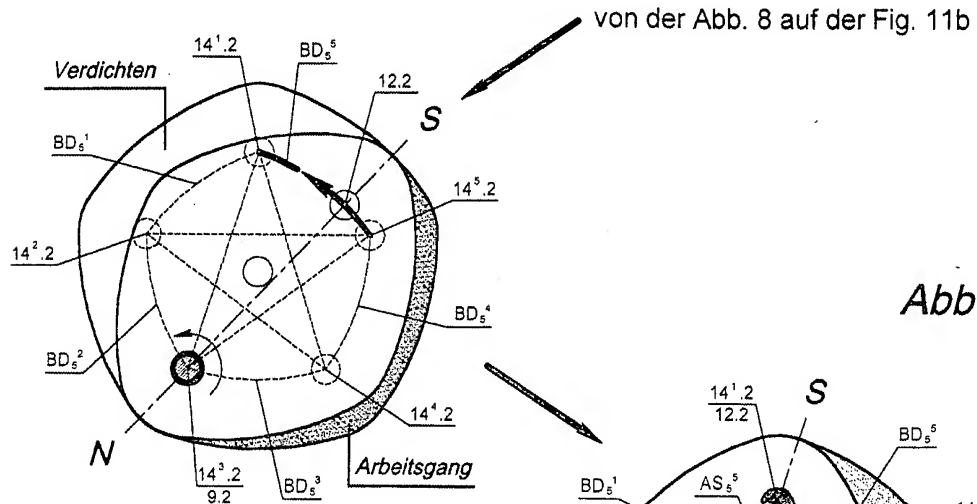


Abb. 10

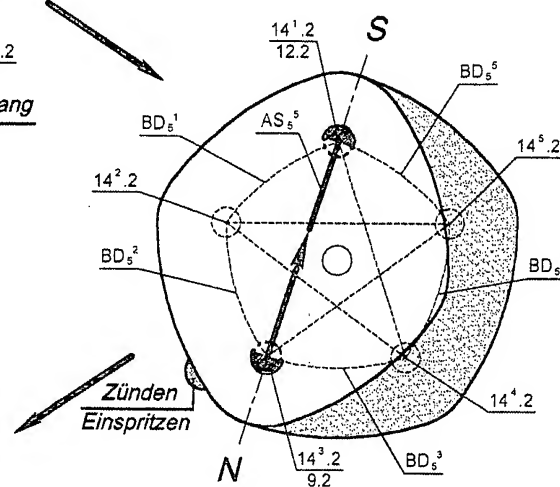


Abb. 11

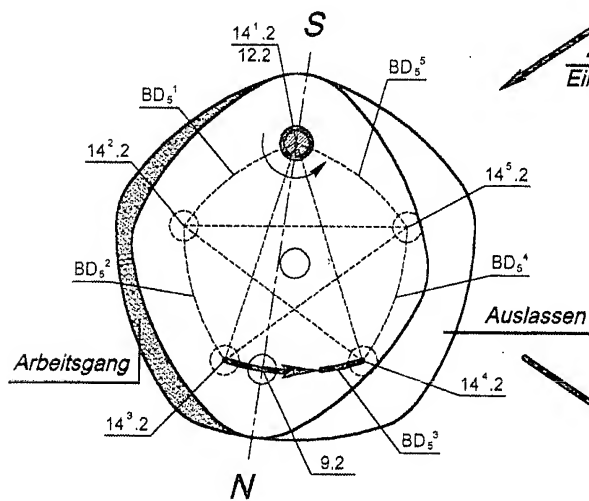
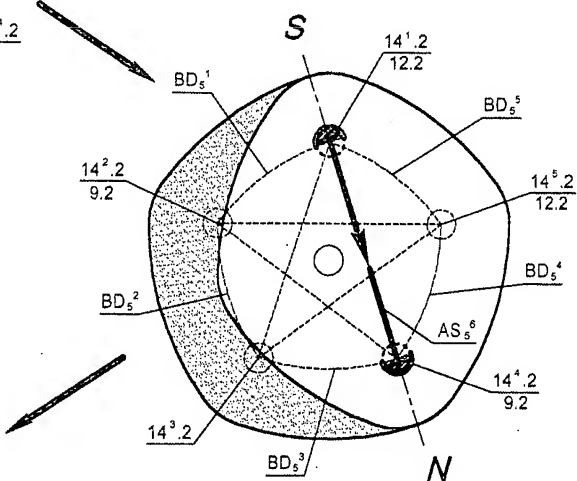


Abb. 12



zur Abb. 13 auf der Fig. 11d

Fig. 11c

Abb. 13

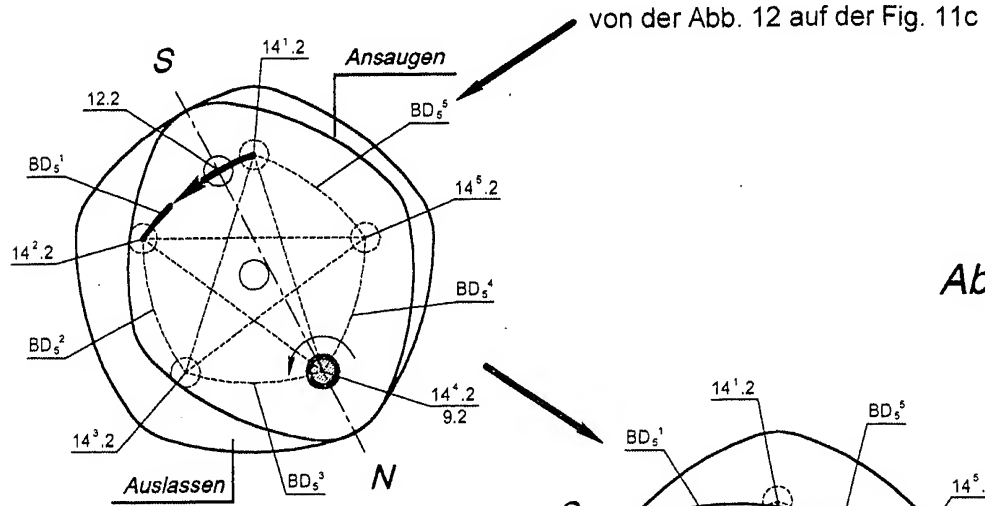


Abb. 14

Abb. 15

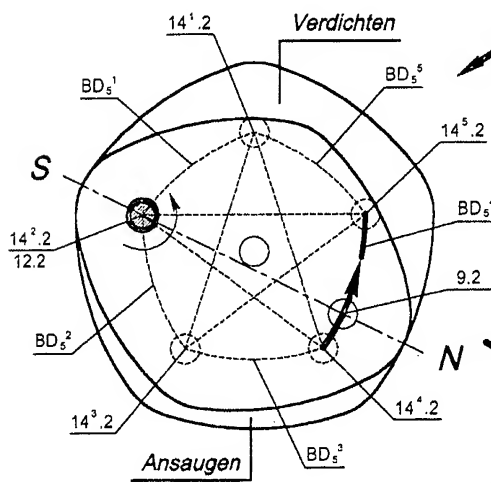
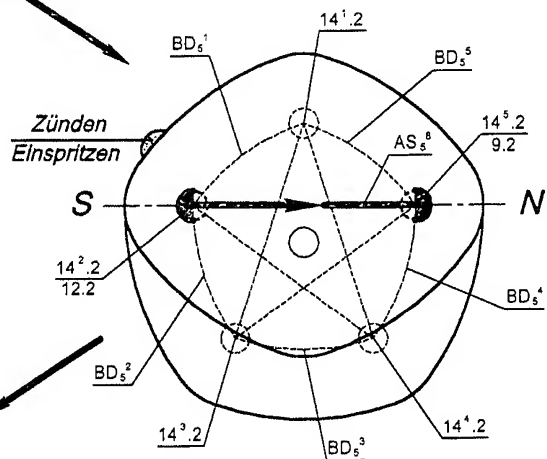


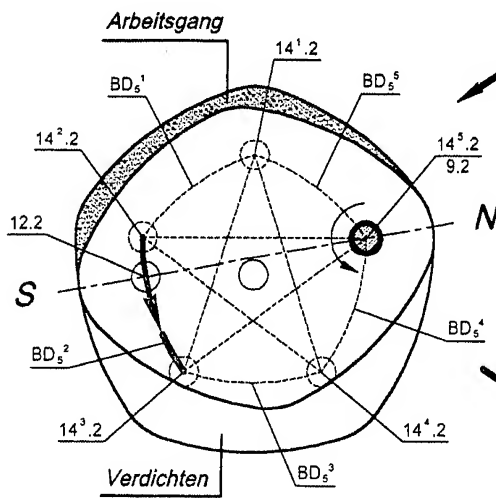
Abb. 16



zur Abb. 17 auf der Fig. 11e

Fig. 11d

Abb. 17



von der Abb. 16 auf der Fig. 15d

Abb. 18

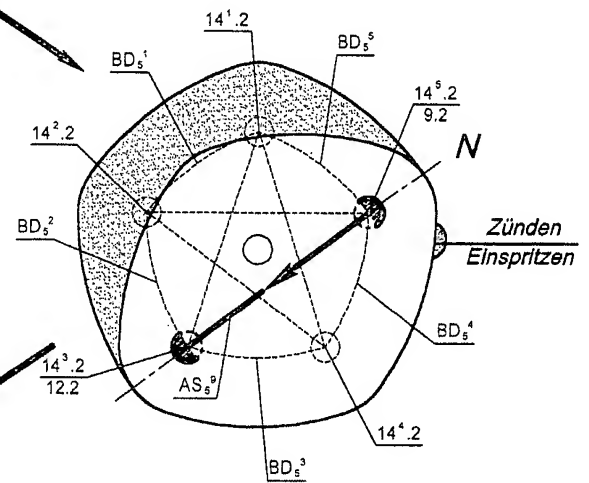


Abb. 19

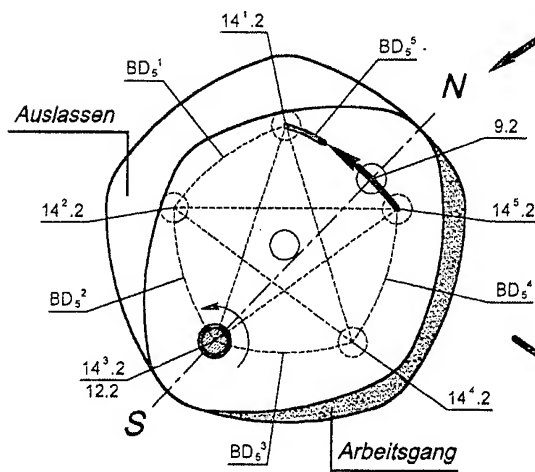


Abb. 20

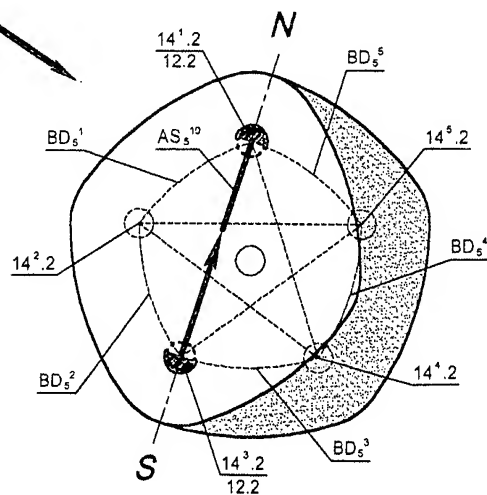


Fig. 11e

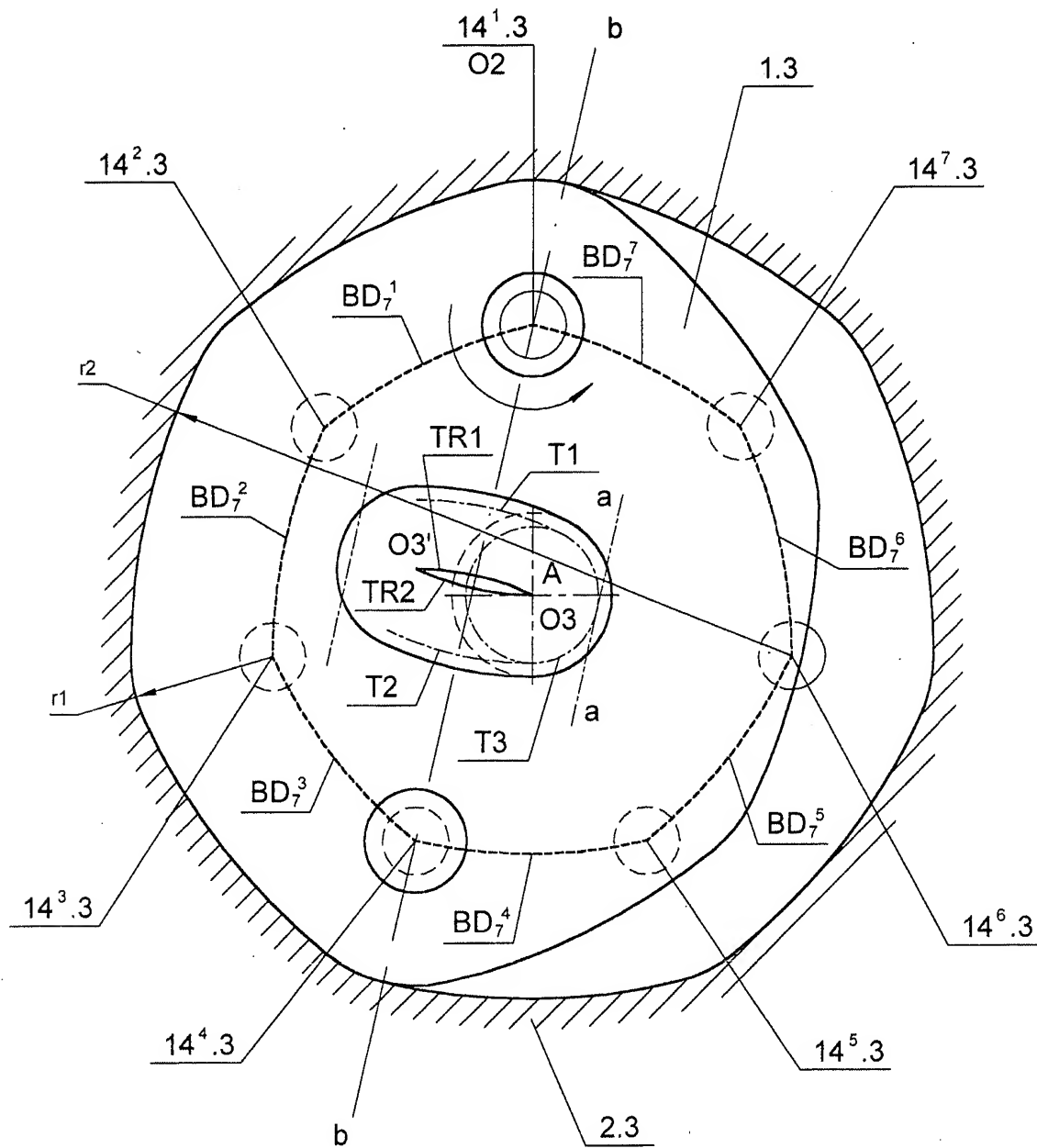


Fig. 12

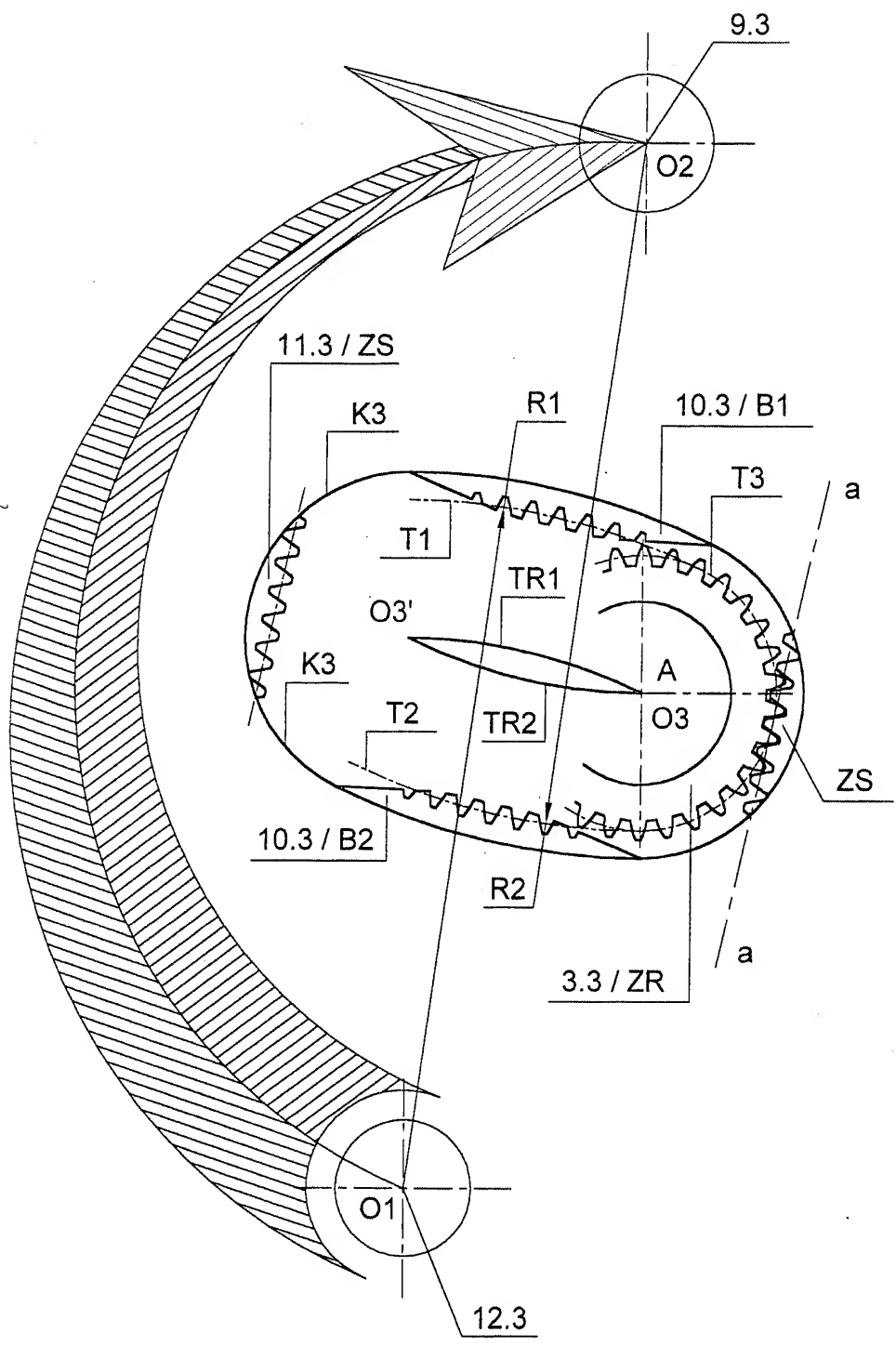


Fig. 13

55 67 51+

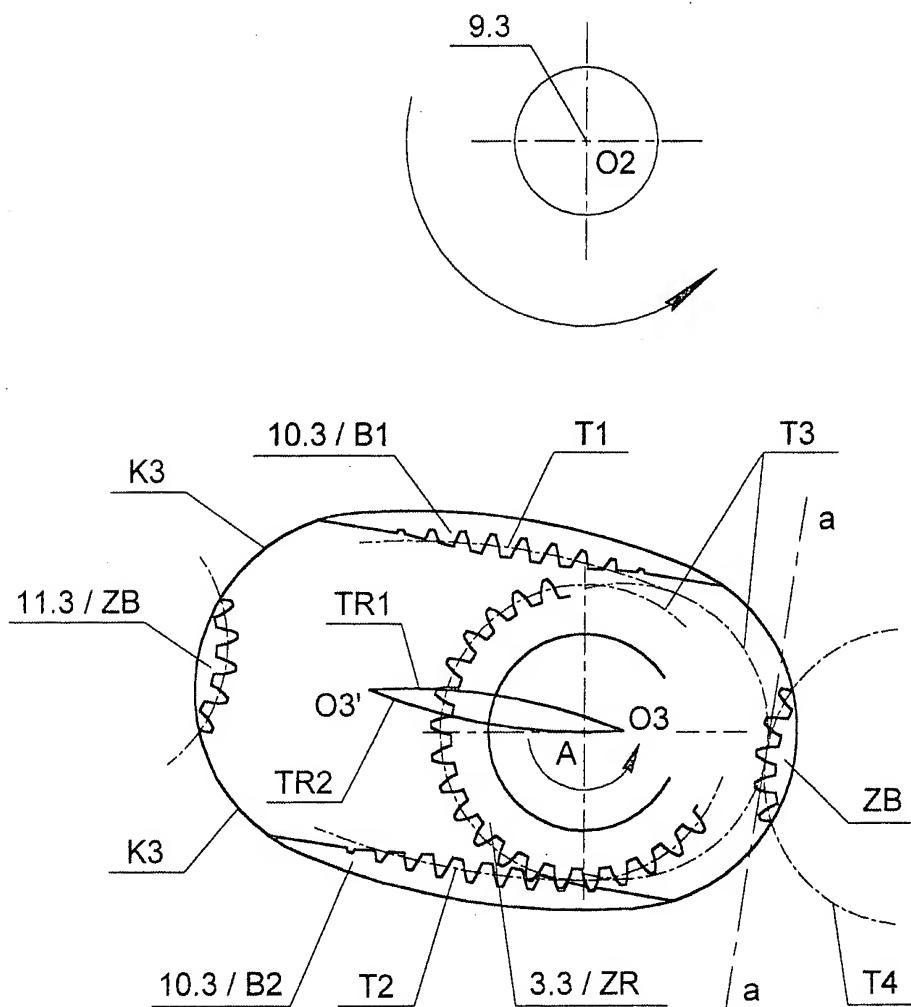


Fig. 14

Abb. 1

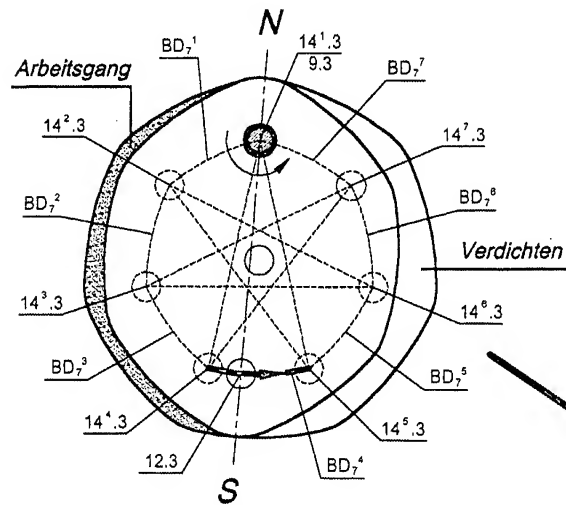


Abb. 2

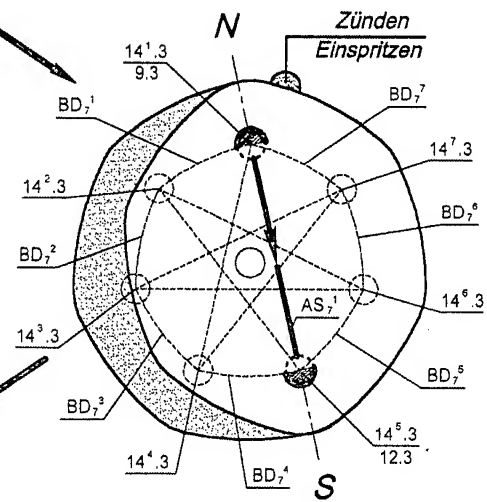


Abb. 3

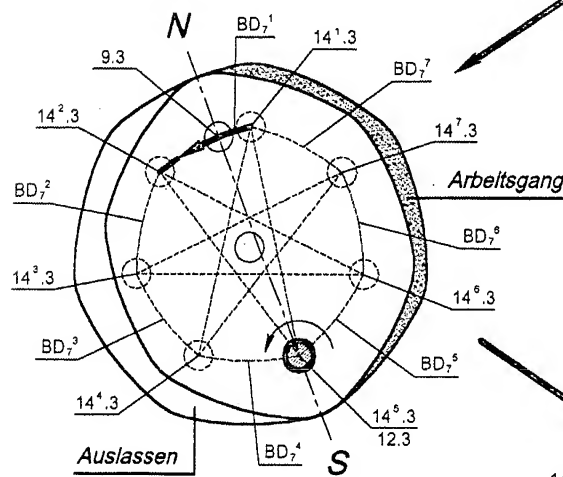
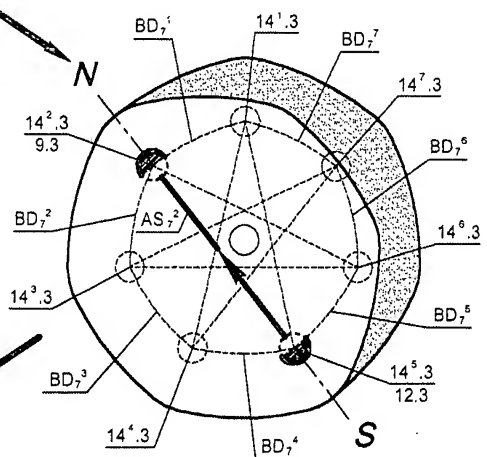


Abb. 4



zur Abb. 5 auf der Fig. 15b

Fig. 15a

Abb. 5

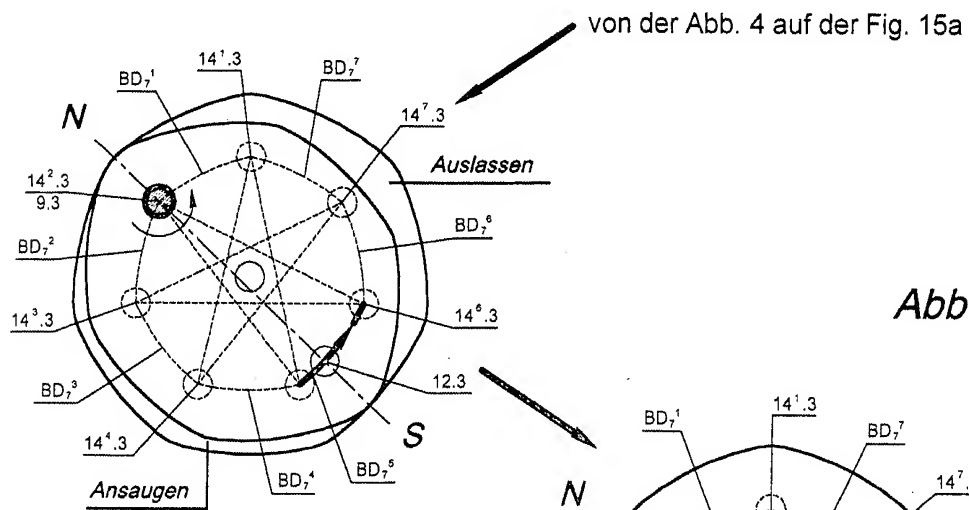


Abb. 6

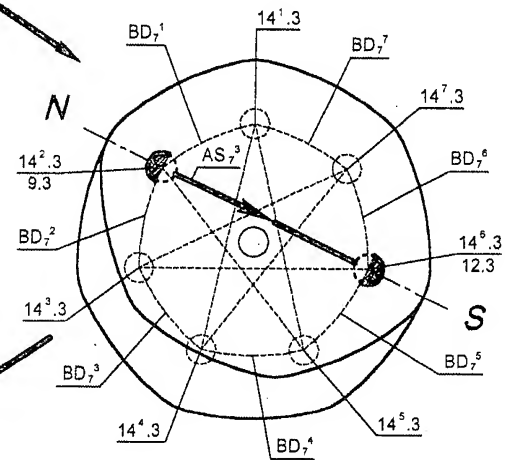


Abb. 7

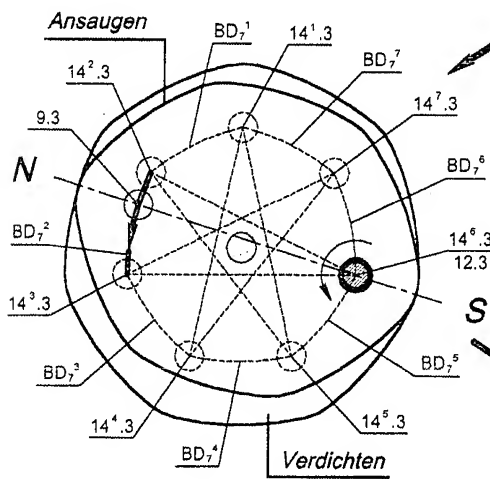
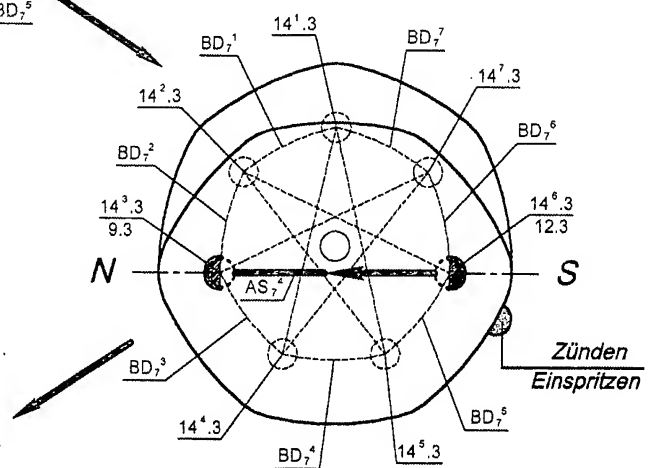


Abb. 8



zur Abb. 9 auf der Fig. 15c

Fig. 15b

Abb. 9

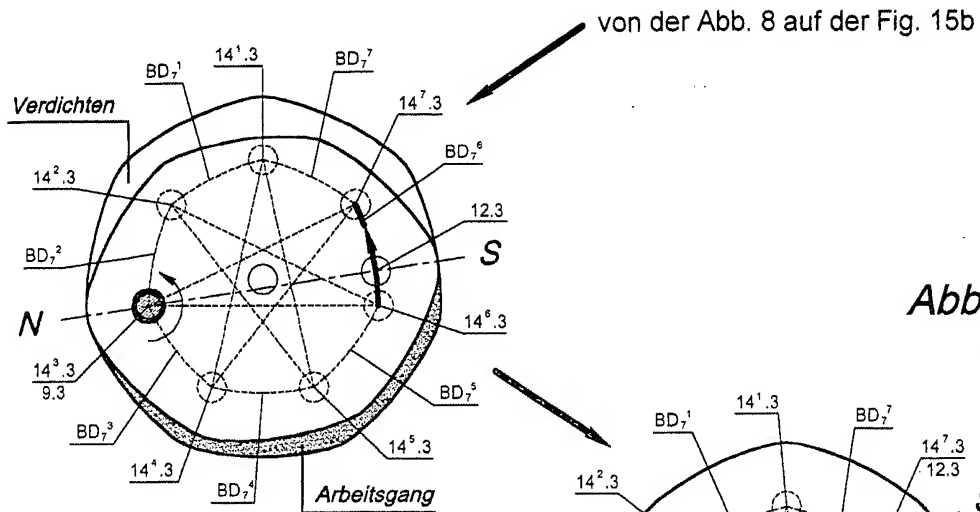


Abb. 10

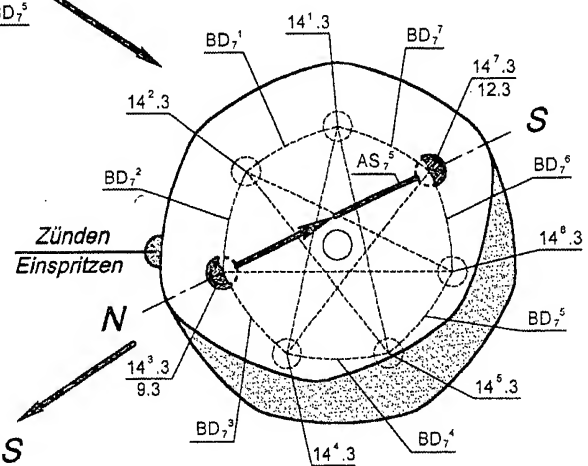


Abb. 11

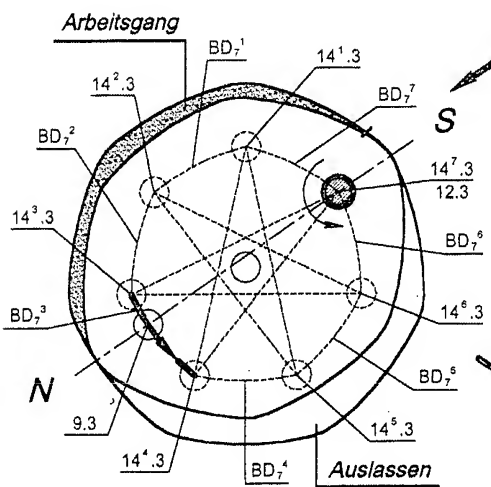
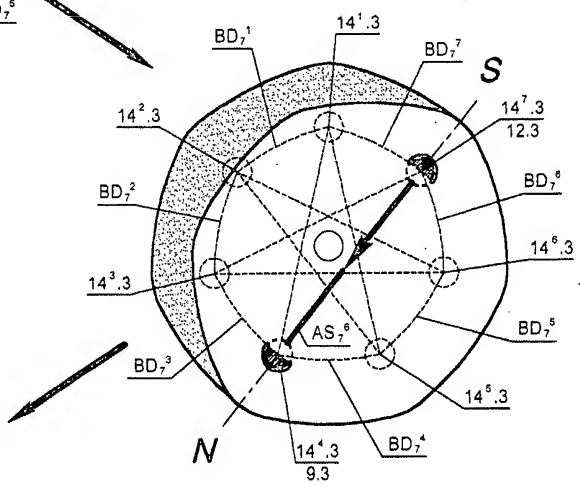


Abb. 12



zur Abb. 13 auf der Fig. 15d

Fig. 15c

Abb. 13

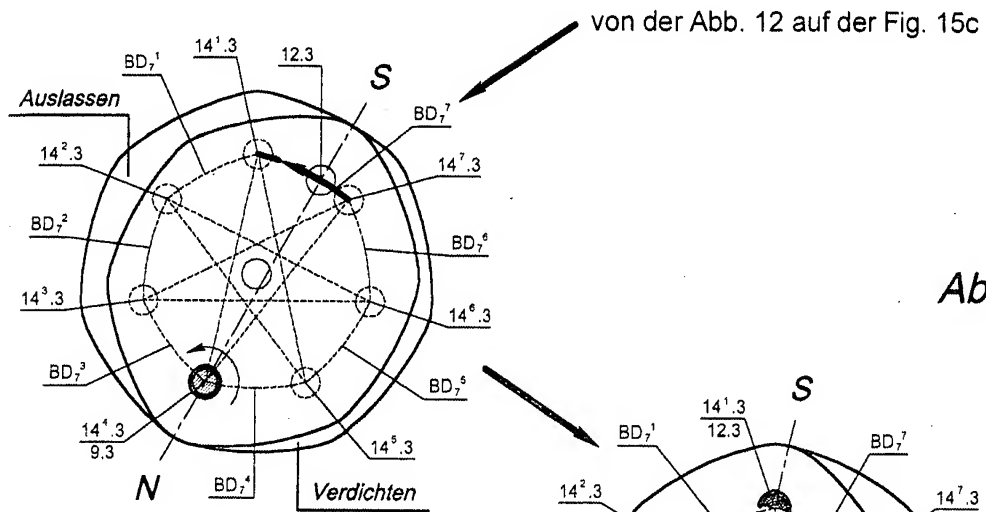


Abb. 14

Abb. 15

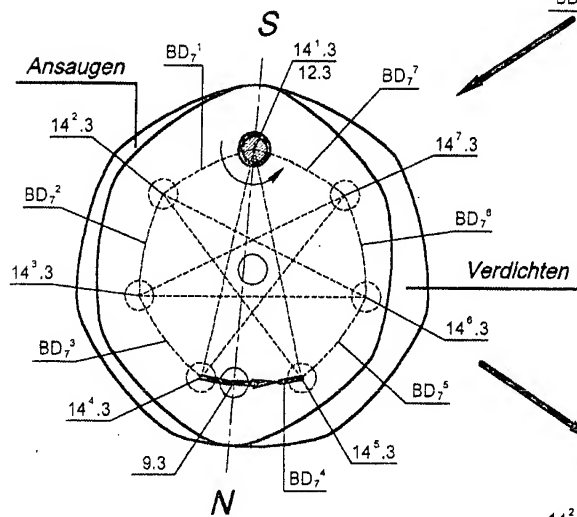


Abb. 16

zur Abb. 17 auf der Fig. 15e

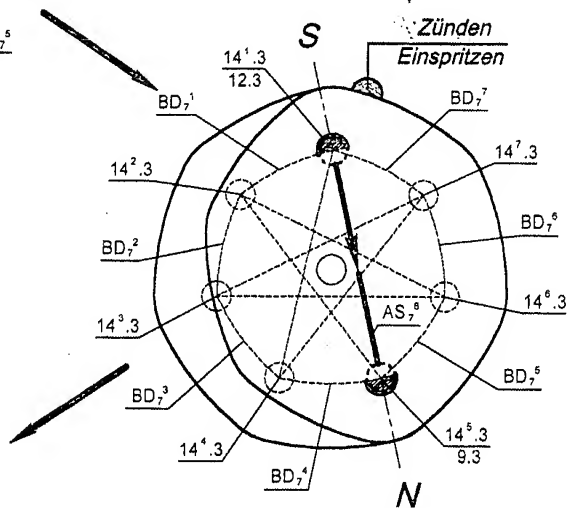


Fig. 15d

Abb. 17

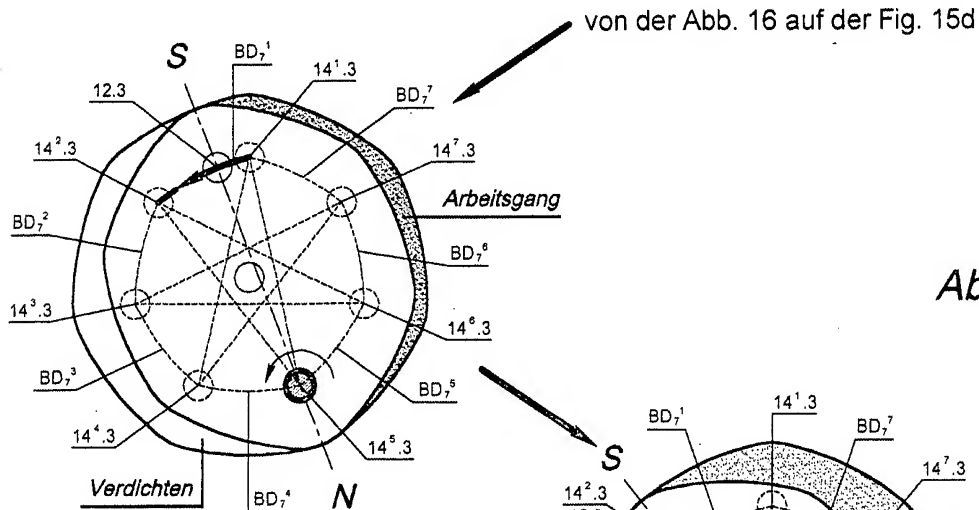


Abb. 18

Abb. 19

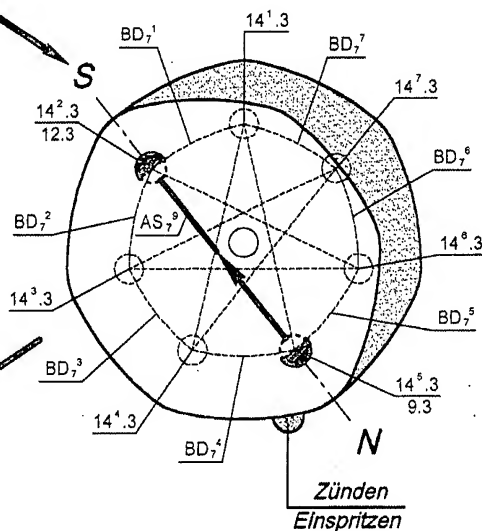
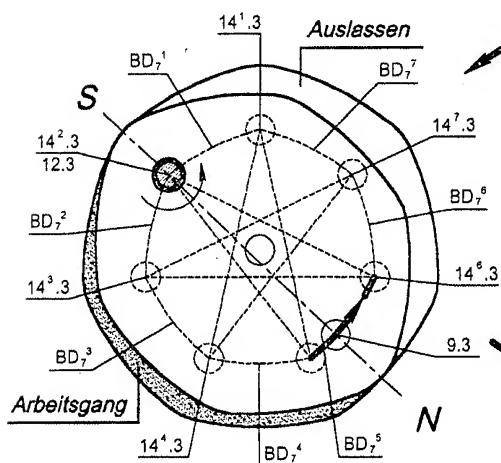
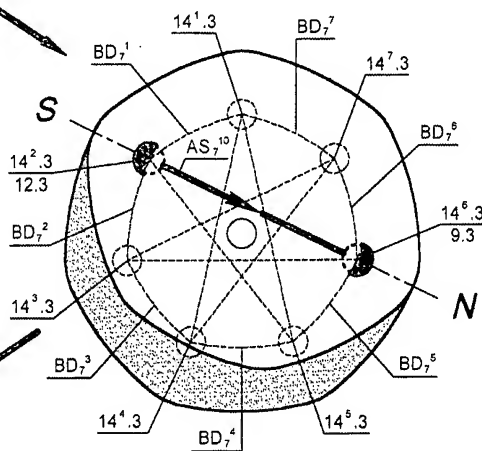


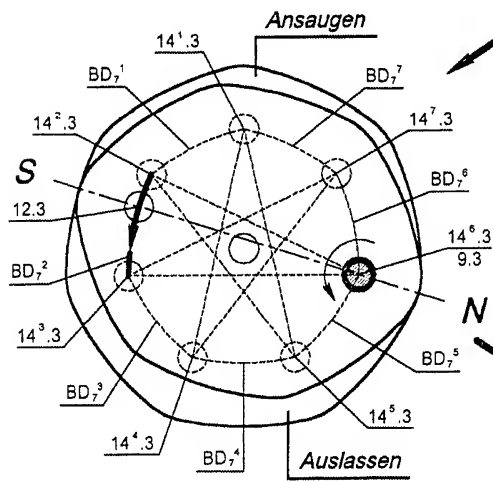
Abb. 20



zur Abb. 21 auf der Fig. 15f

Fig. 15e

Abb. 21



von der Abb. 20 auf der Fig. 15e

Abb. 22

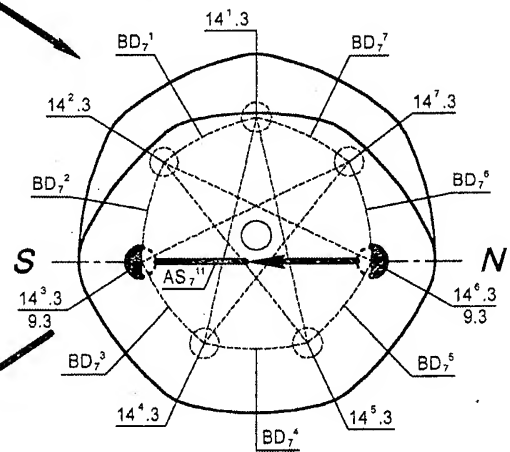


Abb. 23

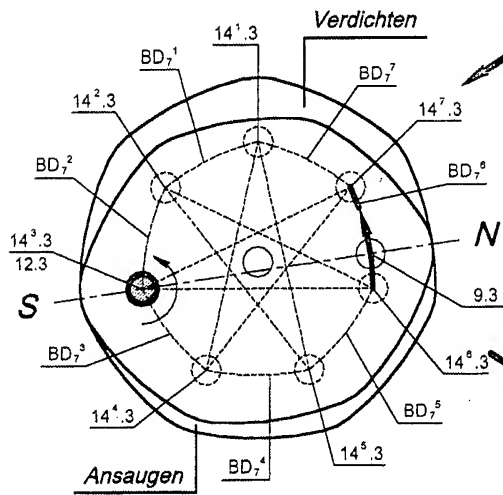
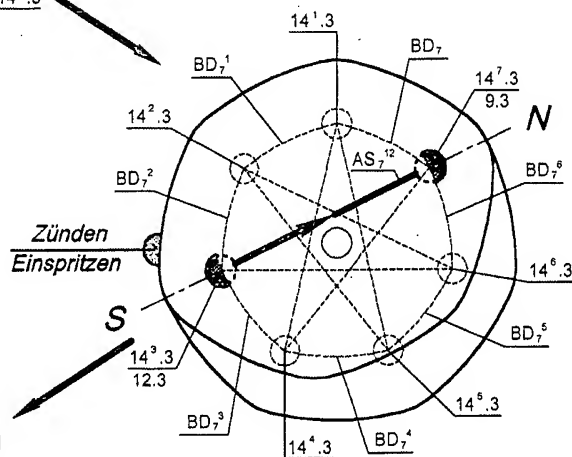


Abb. 24



zur Abb. 25 auf der Fig. 15g

Fig. 15f

Abb. 25

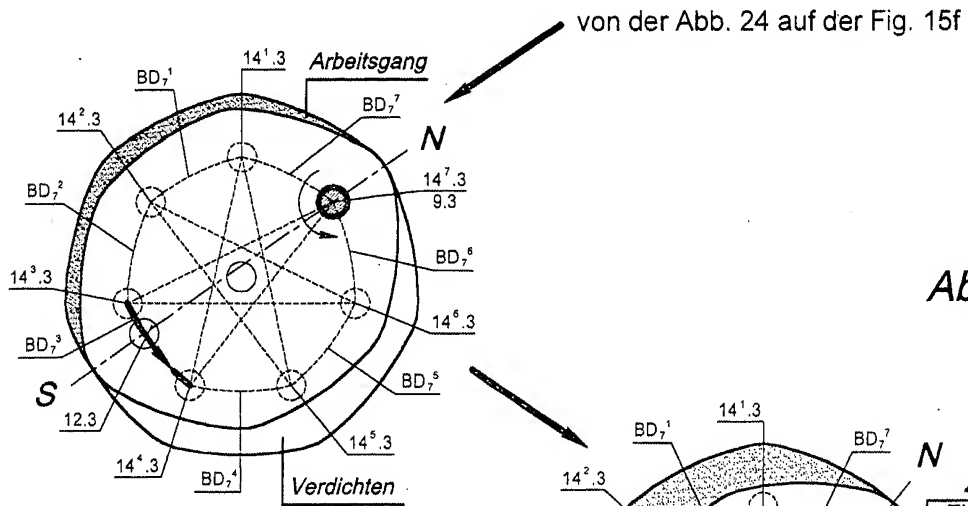


Abb. 26

Abb. 27

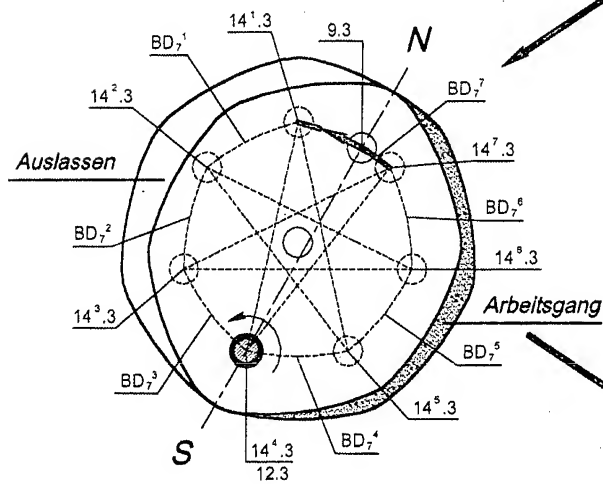


Abb. 28

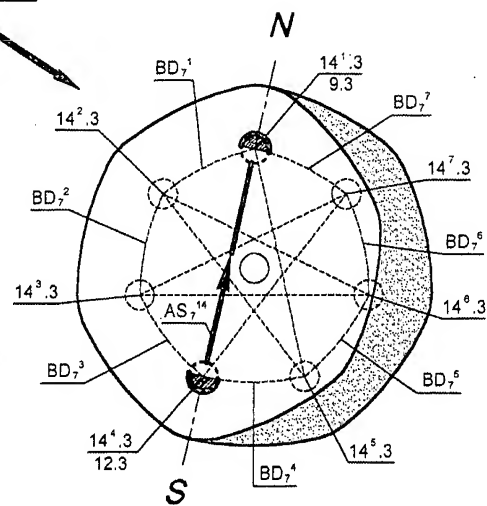


Fig. 15g

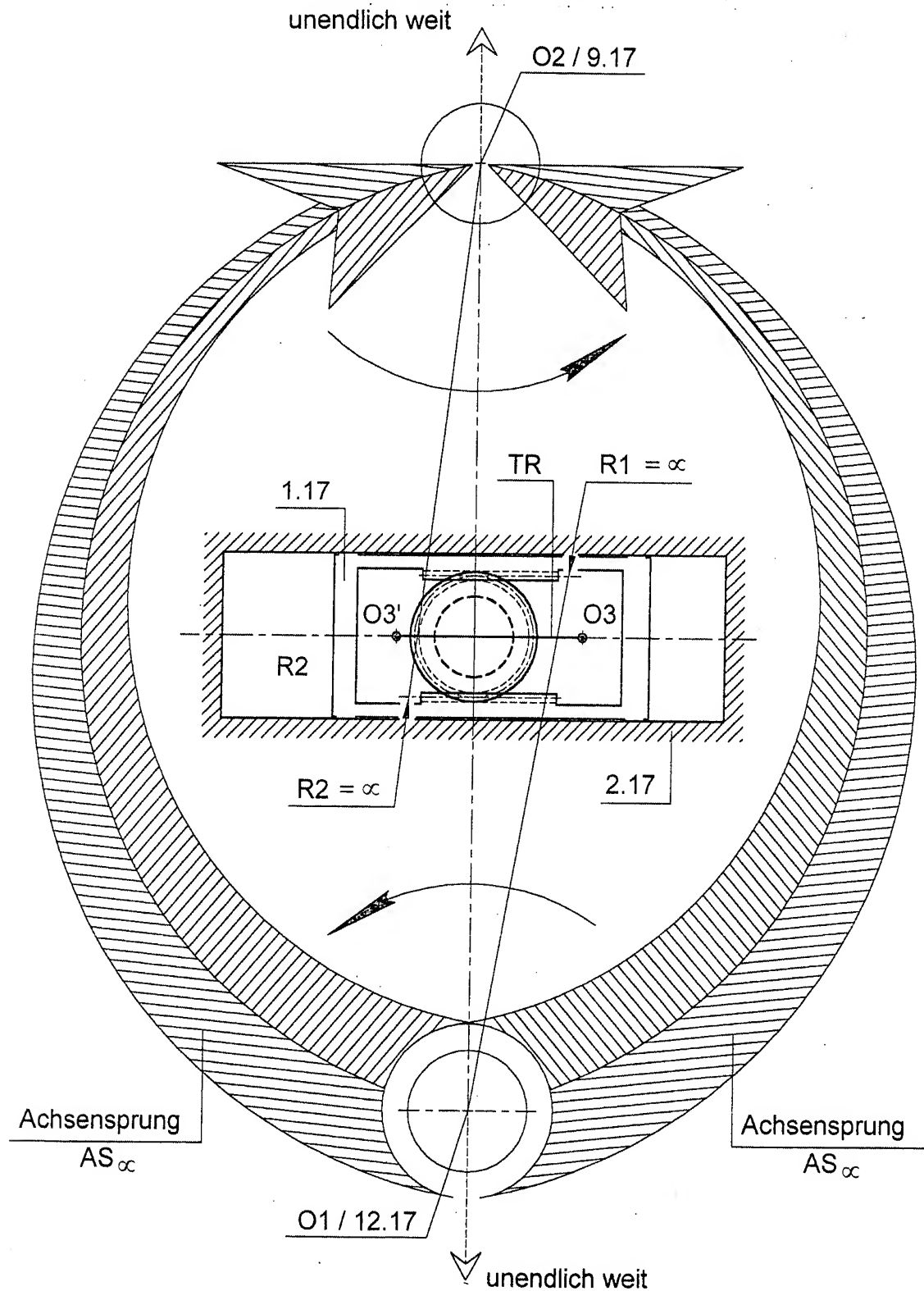


Fig. 16

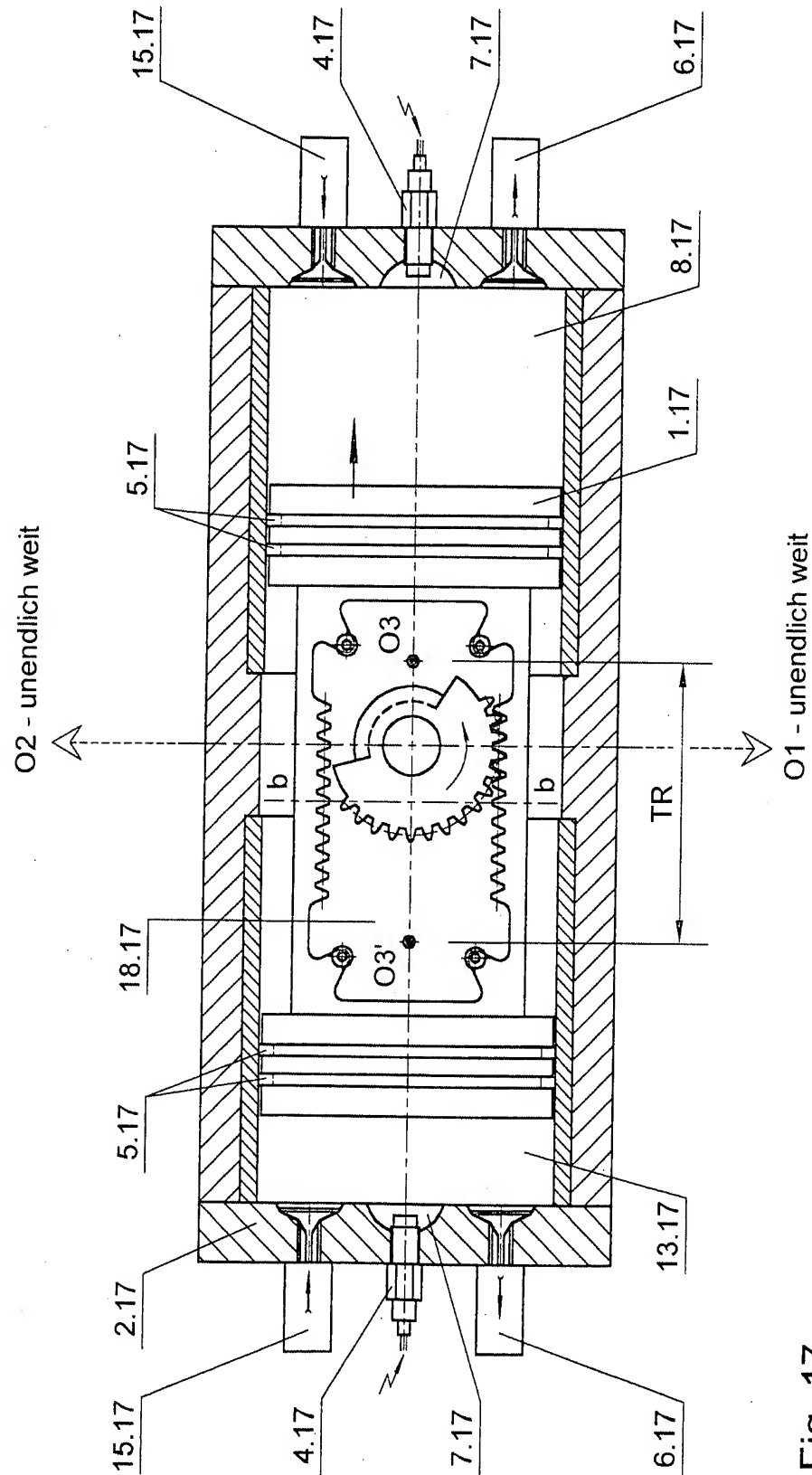


Fig. 17

65 67 6'4

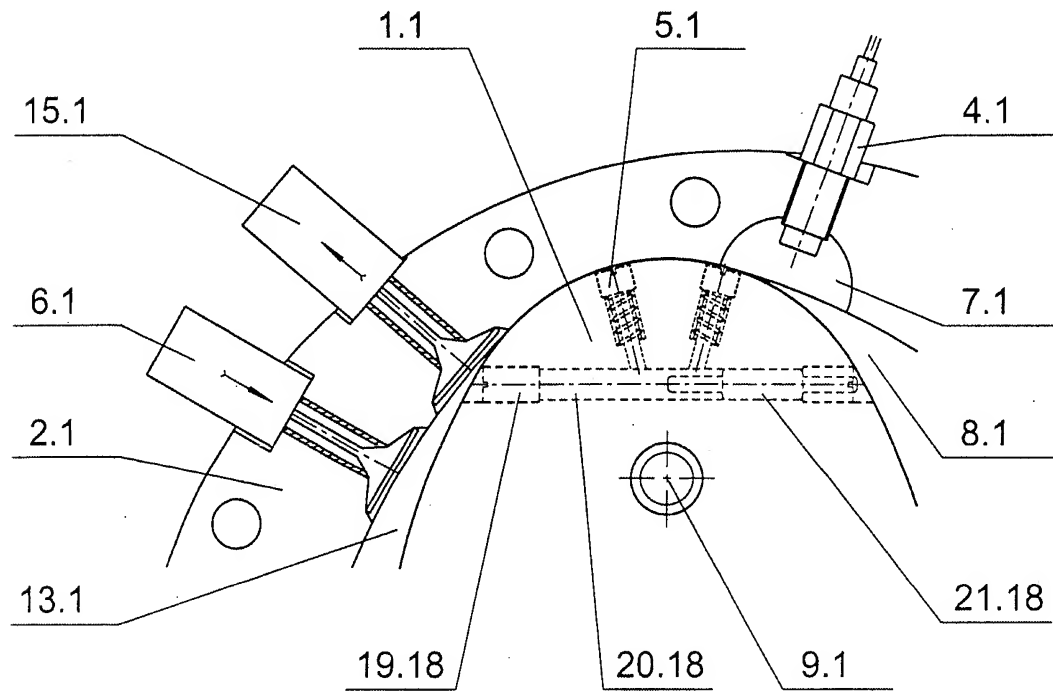


Fig. 18

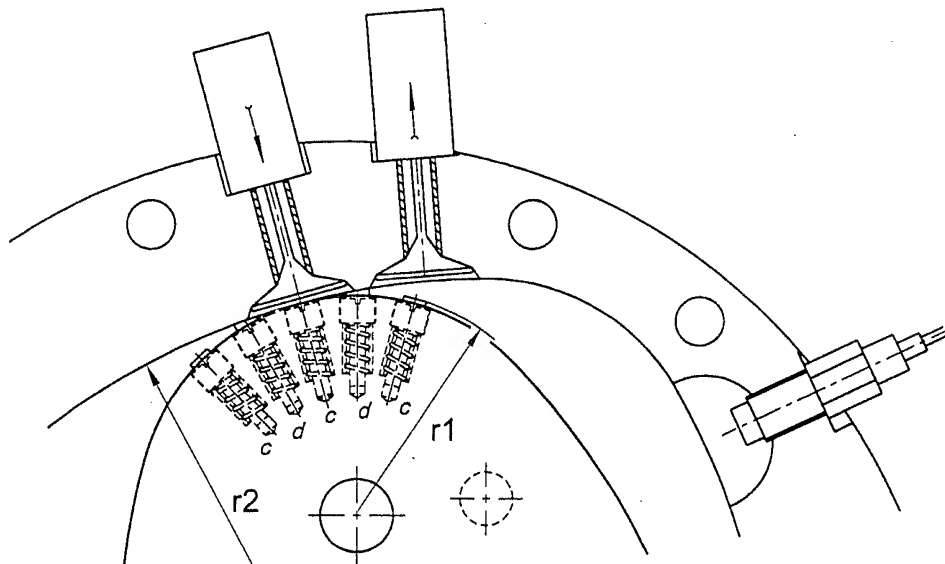


Fig. 19

65/67
66/68

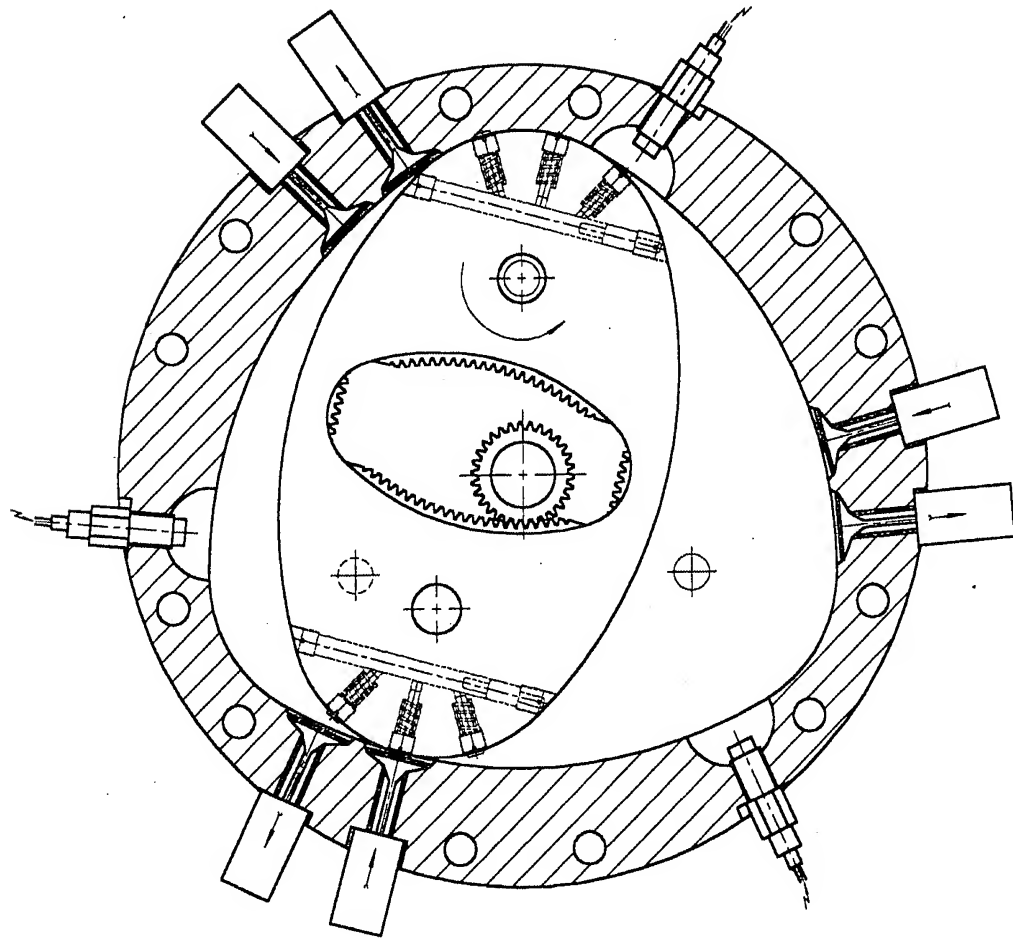


Fig. 20

Graphische Darstellung des Prinzips als Trickfilm siehe bei

www.schapiro.org/RKM

Die Vorteile des RKM-Motors sollen besser sein als bei den herkömmlichen unter anderem durch:

3 bis 5 Mal größere Leistungsdichte	=> viel kleinere Größe, leichteres Gewicht
größeres, gleichmäßigeres Drehmoment	=> vereinfachtes Getriebe, bessere Traktion
leichte Koppelbarkeit einzelner Leistungsblöcke	=> große Sparsamkeit, verminderte Abgase
verminderte Stoßbelastung	=> niedriger Verschleiß, größere Lebensdauer
simplichere Konstruktion	=> weniger Teile, preiswertere Herstellung

Einsatzgebiete: Kraftfahrzeuge, Schiffe, Fluggeräte, landwirtschaftliche Geräte, Antriebe im Produktionsbereich und im Haushalt (Werkzeug und Spielzeug), Verbrennungs-, hydraulische und Luftdruckmotoren sowie Pumpen

Konkurrierende Technologien: herkömmliche Hubkolben-Motoren, Wankel-Motor, Brennstoffzellen, Elektrobatterien

Mögliche Interessenten: Motorenhersteller, Zulieferer der Auto-, Schiffs- und Flugzeugindustrie, Flugkörperhersteller, Mineralölgesellschaften, Investoren, Investmentfonds

Rechtseigentümer: Alle Rechte gehören der Eigentumsgemeinschaft Dr. Boris Schapiro und Partner (RKM)

ROTATIONS-KOLBEN-MASCHINEN (RKM-1) MIT EINER ABTRIEBSWELLE

5

Zusammenfassung

Die Erfindung stellt eine Konstruktionsreihe von Rotationskolbenmaschinen mit einem multiovalen Kolben der Axialsymmetrie zweiter Ordnung und einer multiovalen Kammer der Axialsymmetrie beliebiger ungerader Ordnung dar. Der Kolben rotiert in der Kammer als eine verallgemeinerte Figur gleicher Höhe um die alternierenden momentanen Drehachsen. In der Anwendung als Verbrennungsmotor, Druckluft- und Hydraulikmotor oder Pumpe verspricht die Erfindung eine mehrfach höhere Leistungsdichte im Vergleich zu den konventionellen Hubkolbenmaschinen und einen viel besseren Wirkungsgrad im Vergleich zum Wankel-Motor.

Die Aufgabe, die der Erfindung zu Grunde liegt, ist: eine Rotationskolbenmaschine, insbesondere eine Rotationskolben-Brennkraftmaschine zu schaffen, die einfach im Aufbau ist, sicher, zuverlässig und langlebig funktioniert, skalierbar in der Ausführung von den Mikroversionen bis zu den großen Powereinheiten ist, einen ähnlich guten Wirkungsgrad wie bei den stärksten Konkurrenten aufweist sowie eine wesentlich höhere Leistungsdichte – kleinere Abmessungen und Gewicht bei sonst gleicher Leistung – als die herkömmlichen Konkurrenten (klassische Hubkolbenmaschinen, Wankelmotoren und Brennstoffelemente) hat und dazu für alle möglichen Arbeitsmedien – gasförmige, flüssige und pulverisierte – ausgelegt werden kann.

Der Lösungsansatz orientiert sich auf die Geometrien von Figuren gleicher Höhe, Kompaktifizierung durch die Leistungsabnahme inmitten des Blocks, in dem die Leistung erzeugt wird, sowie die Benutzung von *singulären Trajektorien*.

30

Fünf wesentliche Merkmale und eine Reihe weiterer Details unterscheiden diese Erfindung von den Vorgängern:

- eine *multiovale Kammer mit der Axialsymmetrie beliebiger ungerader Ordnung* größer oder gleich 3, in welcher der Kolben mit einer der Kammer angepassten Form mit der Axialsymmetrie 2. Ordnung gleitend rotiert
- eine *Innenverzahnung* in der Öffnung des Rotationskolbens mit den aufeinander folgenden konkaven und nichtkonkaven Teilkurven, welche die Übertragung des

35

Kraftmoments in den singulären Punkten der Istbahn sichert und die Kinematik der Kolbenbewegung klemmfrei abschließt

- *Springachsen und Springachsenaufnahmen*, welche die Kolbendynamik auch unter großer Druckbelastung des expandierenden Arbeitsmediums eindeutig machen und das Klemmen des Kolbens beim Verlassen der Anschlagpositionen verhindern
- das der wechselnder Krümmung der abzugleitenden Oberfläche in alternierender Weise und/oder als Kombination der Abschnitte mit jeweils kleinerem – größeren – kleinerem Krümmungsradius angepasste Profil der Dichtungselemente, was stets nicht nur einen Linien-, sondern den Oberflächenkontakt der Dichtung mit den Seitenwänden der Kammer des Gehäusemantels und eine höhere Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern ermöglicht
- der durch die Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern selbsttätig regulierende Andruck der Dichtungselemente auf die Innenwände der Kammer des Gehäuses, was eine noch höhere Druckdifferenz zwischen den Arbeitskammern und damit einen noch besseren Wirkungsgrad ermöglicht.

Die Zeichnung, welche die Zusammenfassung verdeutlicht (Fig. 20), finden sie bitte auf der nächsten Seite.

6

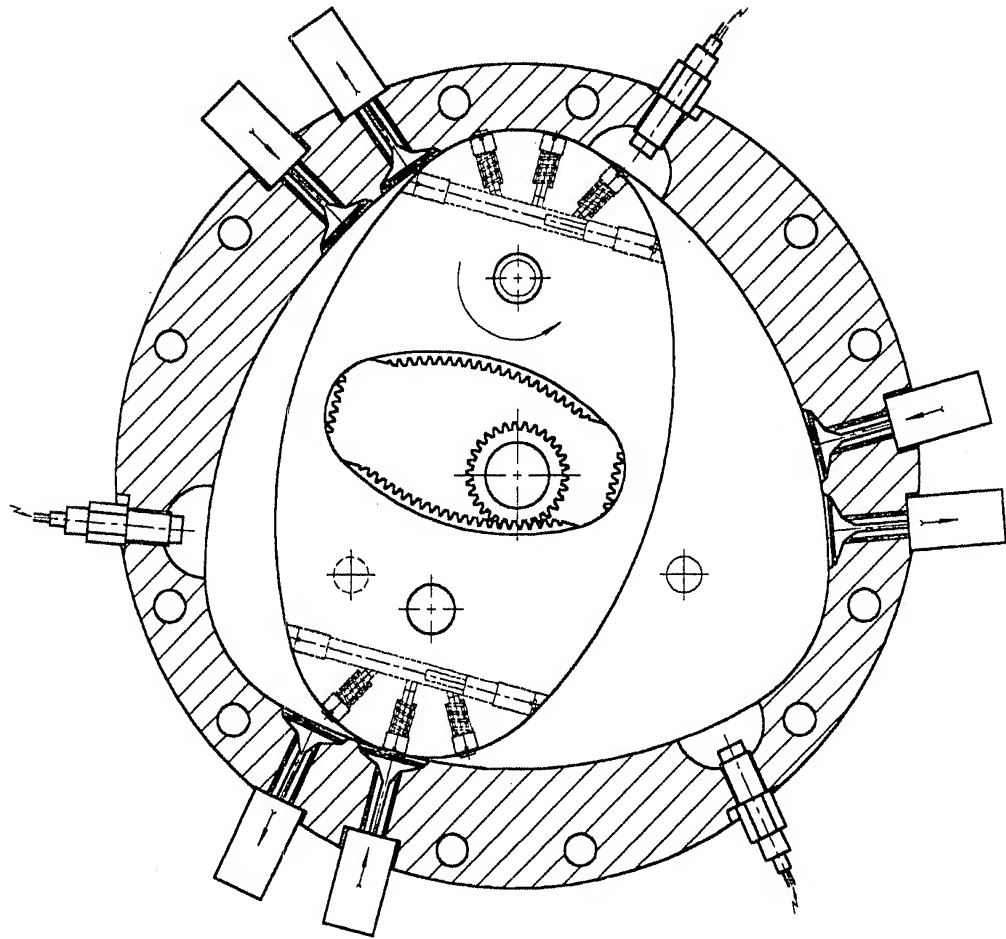


Fig. 20